

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN PASIR TENGGARONG
KALIMANTAN TIMUR SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT
HALUS TERHADAP KINERJA CAMPURAN ASPAL BETON
AC-WC (ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE)
(THE EFFECT OF USED OF TENGGARONG SAND EAST
KALIMANTAN AS A REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE
ON THE PERFORMANCE IN AC-WC CONCRETE ASPHALT
MIXTURE (ASPHALT CONCRETE -WEARING COURSE))**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Nugrah Sentana

15 511 153

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2020

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN PASIR TENGGARONG
KALIMANTAN TIMUR SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT
HALUS TERHADAP KINERJA CAMPURAN ASPAL BETON
AC-WC (ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE)
(THE EFFECT OF USED OF TENGGARONG SAND EAST
KALIMANTAN AS A REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE
ON THE PERFORMANCE IN AC-WC CONCRETE ASPHALT
MIXTURE (ASPHALT CONCRETE -WEARING COURSE))**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**

Disusun Oleh:

ISLAM
Nugrah Sentana
15 511 153

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 06 Agustus 2020

Oleh dewan penguji

Pembimbing

Ir. Subarkah, M.T.
NIK: 865110101

Penguji I

Berlian Kushari, S.T., M.Eng.
NIK: 015110101

Penguji II

Rizki Budi Utomo, S.T., M.T.
NIK: 045110406

Mengesahkan

Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amiri Yuni Astuti, M.T.
NIK: 88511010

TUGAS AKHIR
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nugrah Sentana
NIM : 15511153
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan Pasir Tenggara Kalimantan Timur Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton *Ac-Wc* (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)

Dengan penuh kesadaran saya telah memahami sebaik-baiknya dan menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya susun bebas dari segala bentuk plagiat. Apabila pada kemudian hari terbukti adanya indikasi plagiat dalam Tugas Akhir yang saya susun ini maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan dan hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 06 Agustus 2020
Yang membuat pernyataan,



Nugrah Sentana
(15511153)

DEDIKASI



Segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam yang senantiasa memberikan nikmat dan rahmat yang tiada mampu penulis menghitungnya.

Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada nabi agung nabi besar Muhammad SAW serta seluruh keluarganya dan para sahabatnya.

Bapak Purwanto dan Ibu Lilik Sriwati, Adek Rina Dwi Urbaningrum serta seluruh keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan tanpa kenal lelah kepada penulis

Bapak Ir. Subarkah M.T. sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing saya sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini

Bapak Sukanto dan Bapak Pranoto sebagai laboran di laboratorium Jalan Raya UII yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini

Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil UII yang telah memberikan ilmu yang tak ternilai harganya serta membimbing penulis hingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini

Seluruh keluarga besar “Teknik Sipil 15” yang telah membantu, mengingatkan serta menjadi teman diskusi, terutama untuk teman-teman Laboratorium Jalan Raya

Teman – teman “sahabat ulil” Adyatma, Ijun, Faris, Dillah, Ulil yang menjadi teman belajar dari semester 1 dan semoga diberikan kesuksesan semua.

Teman – teman “C20” yang membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke Hadirat Allah SWT Tuhan Semesta Alam, yang mana dengan segala rahmat dan hidayah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Penggunaan Pasir Tenggarong Kalimantan Timur Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Ir. Subarkah, M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan dan dukungan demi terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Berlian Kushari, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan banyak masukan, kritik maupun saran kepada penulis.
3. Bapak Rizki Budi Utomo, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran, kritik kepada penulis.
4. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Dan seluruh pihak yang telah mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Februari 2019
Penulis

Nugrah Sentana
(15511153)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
DEDIKASI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Pustaka	5
2.2 Campuran Lapis Aspal Beton (AC-WC)	5
2.3 Agregat Halus	6
2.4 Perbedaan Penelitian Sebelumnya	7
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Perkerasan Jalan	10
3.2 Jenis – Jenis Perkerasan	10
3.3 Material Yang Digunakan	11
3.3.1 Agregat Halus	11



3.3.2	Agregat Kasar	11
3.3.3	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	12
3.3.4	Bahan Ikat (Aspal)	12
3.4	Lapis Aspal Beton	12
3.5	Metode Pengujian	15
3.5.1	Pengujian Marshall	15
3.5.2	Pengujian <i>Immersion Test</i>	19
3.5.3	Pengujian <i>Indirect Tensile Strenght Test</i>	19
3.5.4	Pengujian Permeabilitas	20
BAB IV METODE PENELITIAN		23
4.1	Metode Penelitian	23
4.2	Metode Pengambilan Data	23
4.2.1	Data Primer	23
4.3	Tahapan Penelitian	24
4.3.1	Persiapan Bahan	24
4.3.2	Persiapan Alat	25
4.3.3	Perencanaan Campuran	26
4.3.4	Perencanaan Jumlah Benda Uji	28
4.3.5	Perencanaan Gradasi dengan Pasir Tenggara	29
4.4	Pengujian Yang Dilakukan	34
4.4.1	Pengujian <i>Marshall Test</i>	34
4.4.2	Pengujian <i>Immersion</i>	35
4.4.3	Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i>	35
4.4.4	Pengujian Permeabilitas	36
4.5	Analisis Data	36
4.6	Bagan Alir	41
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		43
5.1	Karakteristik Material	43
5.1.1	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	43
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	45
5.1.3	Hasil Pengujian Campuran AC-WC Untuk Menentukan KAO	48

5.1.4	Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum	60
5.1.5	Hasil Pengujian Campuran AC-WC Pada Kadar Aspal Optimum	61
5.1.6	Persentase Maksimum Substitusi Pasir Tenggarong	74
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		75
6.1	Kesimpulan	75
6.1	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA		77
LAMPIRAN		77



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian	8
Tabel 3.1	Persyaratan Agregat Halus	11
Tabel 3.2	Persyaratan Agregat Kasar	12
Tabel 3.3	Tebal Minimum Lapisan Perkerasan	13
Tabel 3.4	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)	14
Tabel 3.5	Ketentuan Aspal Pertamina Pen 60/70	14
Tabel 4.1	Gradasi Rencana AC-WC	27
Tabel 4.2	Jumlah Benda Uji untuk Pengujian KAO Aspal Pen 60/70	28
Tabel 4.3	Jumlah Benda Uji untuk Pengujian pada KAO Aspal Pen 60/70	28
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Subtitusi Agregat 0%	29
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Subtitusi Agregat 25%	30
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Subtitusi Agregat 50%	31
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Subtitusi Agregat 75%	32
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Subtitusi Agregat 100%	33
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	43
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus	43
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Karakteristik Filler	44
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	46
Tabel 5.5	Hasil Pengujian karakteristik <i>Marshall</i> Untuk Menentukan KAO pada variasi 0% Aspal Pertamina Pen 60/70	55
Tabel 5.6	Hasil Pengujian karakteristik <i>Marshall</i> Untuk Menentukan KAO pada variasi 25% Aspal Pertamina Pen 60/70	56
Tabel 5.7	Hasil Pengujian karakteristik <i>Marshall</i> Untuk Menentukan KAO pada variasi 50% Aspal Pertamina Pen 60/70	57
Tabel 5.8	Hasil Pengujian karakteristik <i>Marshall</i> Untuk Menentukan KAO pada variasi 75% Aspal Pertamina Pen 60/70	58
Tabel 5.9	Hasil Pengujian karakteristik <i>Marshall</i> Untuk Menentukan KAO pada variasi 100% Aspal Pertamina Pen 60/70	59

Tabel 5.10 Hasil Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum	60
Tabel 5.11 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Standar pada KAO	61
Tabel 5.12 Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i> pada KAO	69
Tabel 5.13 Hasil Pengujian <i>Immersion</i> pada KAO	71
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Permeabilitas pada KAO	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Grafik Gradasi pada Subtitusi Agregat 0%	30
Gambar 4.2	Grafik Gradasi pada Subtitusi Agregat 25%	31
Gambar 4.3	Grafik Gradasi pada Subtitusi Agregat 50%	32
Gambar 4.4	Grafik Gradasi pada Subtitusi Agregat 75%	33
Gambar 4.5	Grafik Gradasi pada Subtitusi Agregat 100%	34
Gambar 4.6	Diagram Alir	42
Gambar 5.1	Grafik Stabilitas dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	48
Gambar 5.2	Grafik <i>Flow</i> dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	49
Gambar 5.3	Grafik <i>VITM</i> dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	50
Gambar 5.4	Grafik <i>VMA</i> dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	51
Gambar 5.5	Grafik <i>VFWA</i> dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	52
Gambar 5.6	Grafik <i>Density</i> dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	53
Gambar 5.7	Grafik <i>Marshall Quotient</i> dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	54
Gambar 5.8	Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 0% Aspal Pertamina Pen 60/70	56
Gambar 5.9	Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 25% Aspal Pertamina Pen 60/70	57
Gambar 5.10	Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 50% Aspal Pertamina Pen 60/70	58

Gambar 5.11	Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 75% Aspal Pertamina Pen 60/70	59
Gambar 5.12	Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 100% Aspal Pertamina Pen 60/70	60
Gambar 5.13	Grafik Stabilitas dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70	62
Gambar 5.14	Grafik <i>Flow</i> dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70	63
Gambar 5.15	Grafik <i>Marshall Quotient</i> dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70	64
Gambar 5.16	Grafik <i>VITM</i> dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70	65
Gambar 5.17	Grafik <i>VMA</i> dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70	66
Gambar 5.18	Grafik <i>VFWA</i> dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70	67
Gambar 5.19	Grafik <i>Density</i> dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70	68
Gambar 5.20	Grafik <i>ITS</i> Pada Variasi Agregat Dengan Menggunakan Aspal Pen 60/70	70
Gambar 5.21	Grafik <i>IRS</i> Pada Variasi Agregat Dengan Menggunakan Aspal Pen 60/70	71
Gambar 5.22	Grafik Permeabilitas Pada Variasi Agregat Dengan Menggunakan Aspal Pen 60/70	73

Gambar 5.23 Grafik Persentase Maksimum Substitusi Pasir Tenggarong dengan Bahan Ikat Pen 60/70



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	78
Lampiran 2	Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4/TCE	79
Lampiran 3	Pemeriksaan Daktilitas	80
Lampiran 4	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	81
Lampiran 5	Pemeriksaan Penetrasi Aspal	82
Lampiran 6	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	83
Lampiran 7	Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	84
Lampiran 8	Pemeriksaan Berat Jenis Filler Clereng	85
Lampiran 9	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	86
Lampiran 10	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	87
Lampiran 11	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	88
Lampiran 12	Pemeriksaan Sand Equivalent	89
Lampiran 13	Pemeriksaan Sand Equivalent	90
Lampiran 14	Pemeriksaan Keausan Agregat	91
Lampiran 15	Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Tenggarong 0%	92
Lampiran 16	Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Tenggarong 25%	93
Lampiran 17	Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Tenggarong 50%	94
Lampiran 18	Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Tenggarong 75%	95
Lampiran 19	Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Tenggarong 100%	96
Lampiran 20	Hasil Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Tenggarong Pada Pengujian Marshall KAO	97
Lampiran 21	Hasil Pengaruh Agregat Halus Pasir Tenggarong Pada Pengujian Index of Retained Strength 24 Jam KAO	98

Lampiran 22	Pengujian Indirect Tensile Strength dari Hasil KAO	99
Lampiran 23	Pengujian Permeabilitas dari Hasil KAO	100



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi :

- a = Persentase aspal terhadap batuan (%)
- b = Persentase aspal terhadap campuran (%)
- c = Berat kering sebelum direndam
- d = Berat kering permukaan jenuh (*SSD*)
- e = Berat didalam air
- f = Volume benda uji (cc)
- g = Berat isi sampel
- h = Berat jenis maksimum teoritis campuran
- i = Persen aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis aspal
- j = Persentase hasil pengurangan 100 dengan persentase aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis agregat (%)
- k = Jumlah kandungan rongga (%)
- l = Rongga terhadap agregat (*VMA*) (%)
- m = Rongga terisi aspal (*VFWA*) (%)
- n = Rongga dalam campuran (*VITM*) (%)
- o = Nilai pembacaan arloji stabilitas
- p = Nilai pembacaan arloji stabilitas dikalikan dengan kalibrasi *proving ring*.
- q = Stabilitas
- r = *Flow* (mm)
- s = Tebal benda uji (cm)
- k = Koefisien permeabilitas air (cm/dtk)
- γ_{Air} = Berat jenis air (dyne/cm³)
- L = Tinggi sampel (cm)
- A = Luas penampang sampel (cm²)
- P = Tekanan air (kgcm/det²/cm²)

- S_1 = Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam
 S_2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam
 P_{runtuh} = Beban Puncak (kg)
 V = Volume rembesan (cm^3)
 T = Lama waktu rembesan (dtk)

Singkatan :

- AASHTO* = *American Association of State Highway and Transporting Official*
AC-WC = *Asphalt Concrete - Wearing Course*
ASTM = *American Standard Testing and Material*
HRS = *Hot Rolled Sheet*
IRS = *Index of Retained Strength*
KAO = *Kadar Aspal Optimum*
ITS = *Indirect Tensile Strength*
JMF = *Job Mix Formula*
MQ = *Marshall Quotient*
SNI = *Standar Nasional Indonesia*
SSD = *Saturated Surface Dry*
VITM = *Void In The Mix*
VFWA = *Void Filled With Asphalt*
VMA = *Void Mineral Agregate*

ABSTRAK

Pembangunan dan perkembangan infrastruktur di Indonesia terus dilakukan, salah satunya prasarana transportasi darat atau jalan raya. Material dalam campuran perkerasan perlu adanya inovasi salah satunya dengan menggunakan agregat halus Pasir Tenggarong. Pasir Tenggarong yang merupakan pasir yang berasal dari sungai Mahakam. Tujuan penelitian ini, untuk mengetahui kelayakan dari pasir Tenggarong sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* dan mencari pengaruhnya terhadap karakteristik *Marshall*, *Indirect Tensile Strength*, Permeabilitas, dan *Index of Retained Strength*.

Penelitian ini dilakukan empat tahapan, pada tahap pertama pengujian sifat material yaitu pengujian agregat, aspal, *filler* dan agregat halus pasir Tenggarong. Tahap yang kedua yaitu menentukan kadar aspal optimum pada variasi substitusi pasir Tenggarong 0%, 25%, 50% 75%, dan 100%. Tahap yang ketiga melakukan pengujian *Marshall*, *Indirect Tensile Strength*, Permeabilitas, dan *Index of Retained Strength*. Tahap yang keempat melakukan analisis, pembahasan dan kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, pemeriksaan fisik agregat halus pasir Tenggarong telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010. Penggunaan variasi substitusi maksimum pasir Tenggarong yang dapat digunakan dalam campuran *AC-WC* adalah 81%. Pada pengujian *Marshall* variasi substitusi pasir Tenggarong dari 0% sampai 100% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010. Pada nilai *Indirect Tensile Strength* cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Tenggarong. Nilai Permeabilitas dalam variasi substitusi 0% sampai 100% cenderung mengalami penurunan karena rongga udara yang semakin kecil akibatnya campuran menjadi lebih kedap. Pada pengujian *immersion*, nilai *IRS* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Tenggarong. Nilai *IRS* pada variasi substitusi agregat pasir Tenggarong 100% tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010.

Kata Kunci : *AC-WC*, pasir Tenggarong, *Marshall*, *Immersion*, *ITS*, Permeabilitas

ABSTRACT

Construction and infrastructure development in Indonesia is continuing, one of which is land or road transportation infrastructure. Materials in the pavement mixture need innovation, one of them is using fine aggregate Tenggarong Sand. Tenggarong Sand is sand that comes from the Mahakam river. The purpose of this study was to determine the feasibility of Tenggarong sand as a substitute for fine aggregate in the Asphalt Concrete Wearing Course mixture and to find its effect on the characteristics of Marshall, Indirect Tensile Strength, Permeability, and Index of Retained Strength.

This research was carried out in four stages, in the first stage of testing the material properties, namely testing of aggregate, asphalt, filler and fine aggregate of Tenggarong sand. The second stage is determining the optimum asphalt content in the variation of Tenggarong sand substitution 0%, 25%, 50% 75%, and 100%. The third stage is to test Marshall, Indirect Tensile Strength, Permeability, and Index of Retained Strength. The fourth step is to analyze, discuss and conclude the results of the tests conducted.

From the results of research conducted, physical examination of fine aggregate Tenggarong sand meets the requirements of the 2010 Bina Marga specification. The use of maximum substitution variation of Tenggarong sand that can be used in AC-WC mixtures is 81%. In Marshall testing the variation of Tenggarong sand substitution from 0% to 100% meets the specifications of the 2010 Bina Marga. The value of Indirect Tensile Strength tends to decrease along with the increase in Tenggarong sand substitution. Permeability values in substitution variations from 0% to 100% tend to decrease because the air cavity is getting smaller as a result the mixture becomes more impermeable. In immersion testing, the IRS value decreases with increasing Tenggarong sand substitution. IRS values on the variation of Tenggarong sand aggregate substitution 100% did not meet the requirements of the 2010 Bina Marga specifications.

Keywords : AC-WC, Tenggarong sand, Marshall, Immersion, ITS, Permeability

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan dan perkembangan infrastruktur di Indonesia terus dilakukan, salah satunya prasarana transportasi darat atau jalan raya. Dengan adanya pembangunan jalan raya, akses perjalanan dari suatu tempat ke tempat lain lebih mudah dan kegiatan ekonomi daerah tersebut bisa berkembang karena akses dari luar daerah yang mudah terjangkau. Selain itu, jalan raya di Indonesia sudah mengalami kemajuan yang pesat. Hal itu dapat terlihat pada pembangunan-pembangunan yang dilakukan pemerintah untuk meningkatkan kualitas jalan tersebut.

Pada umumnya ada dua jenis lapis perkerasan, lapis perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapis perkerasan kaku (*Rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pada suatu perkerasan jalan, agregat merupakan suatu komponen utama yang mempunyai proporsi dan spesifikasi masing-masing. Agregat kasar adalah agregat yang tersusun dari batu pecah yang bersih, kering, kuat, awet, dan bebas dari campuran bahan lain, sedangkan agregat halus merupakan pasir alam atau pasir buatan yang terbebas dari unsur tanah atau lempung dan merupakan butiran yang bersudut tajam yang mempunyai permukaan kasar (Sukirman, 2003).

Kota Tenggarong merupakan ibukota dari Kabupaten Kutai Kartanegara yang terletak di Kalimantan Timur. Salah satu material yang berasal dari Tenggarong memiliki potensi yang cukup besar adalah pasir Tenggarong, pasir Tenggarong adalah pasir dari sungai Mahakam dimana proses pengambilannya melalui cara penyedotan dan *quarry* dari pasir tersebut terletak di desa Teluk Dalam kecamatan Tenggarong Seberang. Pemanfaatan untuk pasir Tenggarong yang masih kurang untuk bangunan struktur jalan. Seiring meningkatnya pembangunan

jalan raya khususnya di daerah Kalimantan Timur, maka komposisi dalam campuran aspal seperti agregat halus dapat menggunakan bahan lokal yang terdapat di Tenggarong. Sehingga perlu dilakukan pembaharuan atau inovasi dengan menggunakan agregat halus seperti pasir Tenggarong. Dalam penelitian ini, pasir Tenggarong dipilih sebagai bentuk inovasi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana sifat fisik pasir Tenggarong sebagai pengganti agregat halus pada campuran *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* ?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan pasir Tenggarong sebagai substitusi agregat halus terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* yaitu stabilitas, *flow*, *marshall quotient*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, *density* ?
3. Bagaimana pengaruh campuran penggunaan pasir Tenggarong sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai durabilitas dengan uji *Index of Retained Strength (IRS)* ?
4. Bagaimana pengaruh campuran penggunaan pasir Tenggarong sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *AC-WC* terhadap kuat tarik tak langsung campuran dengan uji *Indirect Tensile Strength (ITS)* ?
5. Bagaimana pengaruh campuran penggunaan pasir Tenggarong sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *AC-WC* terhadap derajat kerapatan yang ditembus oleh zat cair dengan uji permeabilitas ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Mengetahui sifat fisik pasir Tenggarong sebagai pengganti agregat halus pada campuran *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*.
2. Mengetahui kinerja dan kualitas karakteristik *Marshall* campuran *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* yaitu stabilitas, *flow*, *marshall quotient*,

VITM, *VFWA*, *VMA*, *density* pada penggunaan pasir Tenggarong sebagai substitusi agregat halus.

3. Mengetahui kinerja dan kualitas campuran penggunaan pasir Tenggarong sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai durabilitas campuran dengan uji *Index of Retained Strength (IRS)*.
4. Mengetahui nilai kuat tarik tak langsung campuran dengan uji *Indirect Tensile Test (ITS)* pada penggunaan pasir Tenggarong sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*.
5. Mengetahui derajat kerapatan yang ditembus oleh zat cair pada campuran dengan uji permeabilitas pada penggunaan pasir Tenggarong sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat penelitian bagi penulis :
 - a. Menambah ilmu pengetahuan tentang perbandingan kualitas pasir Tenggarong sebagai pengganti agregat halus pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*, dan
 - b. menambah pemahaman penulis tentang karakteristik campuran aspal beton jika menggunakan agregat pasir Tenggarong.
2. Manfaat penelitian bagi pembaca :
 - a. Menambah referensi untuk penelitian selanjutnya yang membahas masalah penggunaan agregat halus pasir Tenggarong pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang lebih baik,
 - b. Menambah ilmu pengetahuan pada bidang teknik sipil, dan
 - c. Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan agregat halus pada penggunaan campuran aspal beton.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini dimaksudkan agar penelitian dapat dilakukan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun batasan penelitian ini sebagai berikut.

1. Agregat halus yang digunakan ada dua jenis, yaitu.
 - a. Agregat halus dari pasir Tenggarong yang berasal dari desa Teluk Dalam, Tenggarong Seberang
 - b. Agregat halus dari Clereng, KulonProgo
2. Agregat kasar berasal dari Clereng, KulonProgo
3. Aspal yang digunakan adalah aspal yang disediakan oleh Laboratorium Jalan Raya FTSP UII yang diproduksi oleh Pertamina dengan penetrasi 60/70.
4. Berat total campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* adalah 1200 gram.
5. Kadar aspal yang digunakan adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%.
6. Pengujian menggunakan metode *Marshall Test*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Test*, dan Permeabilitas.
7. Gradasi yang digunakan mengacu pada Bina Marga 2010.
8. Agregat halus yang disubstitusi adalah agregat halus yang tertahan pada saringan No.50, No.100 dan No.200.
9. Tidak menghitung aspek biaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Pustaka

Pada penelitian ini, studi pustaka dibutuhkan untuk memetakan permasalahan yang akan diteliti dan untuk mengerucutkan permasalahan mengenai Pengaruh Penggunaan Pasir Tenggara Kalimantan Timur Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Studi pustaka diambil dari hasil-hasil penelitian yang ada kaitannya dan sudah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut akan menjadi tinjauan pustaka dalam hal pelaksanaan penelitian. Adapun penelitian yang pernah dilakukan mengenai Pengaruh Penggunaan Pasir Tenggara Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) sebagai berikut ini.

2.2 Campuran Lapis Aspal Beton (AC-WC)

Aspal beton merupakan campuran yang homogen antara agregat (agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi atau filler) dan aspal sebagai bahan pengikat yang mempunyai gradasi tertentu, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk menerima beban lalu lintas yang tinggi. Di Indonesia biasa disebut lapisan aspal beton (Laston) yang memiliki tiga lapisan struktur. Lapisan yang paling atas disebut dengan lapis aus (*AC-WC*), lapisan kedua disebut lapis permukaan antara (*AC-BC*) dan terakhir merupakan lapis pondasi (*AC BASE*).

Campuran (*AC-WC*) merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, (*AC-WC*) dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Dalam penelitian ini campuran perkerasan akan menggunakan campuran (*AC-WC*) dengan

menggunakan agregat halus pasir Tenggara dan variasi dengan agregat halus clereng.

2.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan salah satu bahan campuran dari perkerasan yang berukuran 2 mm – 5 mm. Silvia Sukirman (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Dalam penelitian Ramadhan G.B dan Suparma L.B (2018) tentang Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Pada Laston *Ac-Wc* Sebagai Pengganti Agregat Halus. Pasir kuarsa dikenal dengan nama pasir putih yang merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Penelitian tersebut menggunakan 5 variasi dari pasir kuarsa dan pasir Sungai Tinalah. Dari hasil penelitian tersebut, nilai stabilitas pada campuran tersebut memenuhi persyaratan yaitu lebih dari 800 kg. Nilai Indeks Kekuatan Sisa yang memenuhi hanya 3 variasi dengan persyaratan yaitu $\geq 90\%$. Untuk pengujian kuat tarik tidak langsung (ITS) *condition* dan *un-condition* diperoleh nilai *Tensile Strength Ratio* (TSR) memenuhi syarat dengan persyaratan Bina Marga yaitu minimal 80%.

Dalam penelitian Kasiati E, dkk (2015) tentang Penggunaan Pasir Seruyan Kalimantan Tengah Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Aspal Beton AC-WC menghasilkan bahwa pasir Seruyan Kabupaten Seruyan Provinsi Kalimantan Tengah sebagai campuran aspal beton ini mempunyai sifat – sifat fisik antara lain berat jenis 2,519 gram/cm³, penyerapan air-nya 1,012%, sedangkan jenis gradasinya dapat di katagorikan bergradasi seragam, oleh karena itu dapat digunakan untuk lapis perkerasan Aspal Beton AC-WC karena telah memenuhi spesifikasi terhadap setiap pengujiannya. Dari hasil pengujian Marshall diperoleh grafik hubungan parameter campuran aspal beton, dengan kadar aspal optimum 5,27%.

Dalam penelitian Arifiardi I, dkk (2016) tentang Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Lapis Permukaan Aspal

Beton Terhadap Persyaratan Parameter Marshall. Penggunaan campuran sebagian agregat halus pasir pantai (50% pasir pantai dan 50% non pasir pantai) memenuhi persyaratan parameter marshall meliputi stabilitas, kelelahan, MQ, VMA, VFB, dan VIM pada perkerasan AC-WC. Sehingga penggunaan sebagian (50%) pasir Pantai Carita dapat dipakai sebagai agregat halus pada perkerasan AC-WC. Penggunaan campuran seluruh agregat halus pasir pantai (100% pasir pantai) memenuhi persyaratan kelelahan, VMA, VFB, dan VIM. Namun tidak dapat memenuhi syarat stabilitas dan MQ, sehingga penggunaan 100% pasir pantai tidak dapat dijadikan bahan substitusi secara keseluruhan sebagai agregat halus pada perkerasan AC-WC.

Dalam penelitian Syahrul (2012) tentang Perkerasan Campuran Aspal Beton (*AC-Base*) dengan Material Lokal Kutai Kartanegara dengan hasil penelitian bahwa campuran *AC Base* menggunakan agregat jembayan memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian tersebut ialah pengujian *Marshall*, pengujian *Immersion* dan *ITS*.

2.4 Perbedaan Penelitian Sebelumnya

Pada daerah Kalimantan Timur terutama di daerah Tenggarong masih banyak hasil alam yang belum dimanfaatkan untuk bangunan struktur. Kurangnya pemakaian agregat ini, mengakibatkan pemanfaatan hasil alam di daerah tersebut masih kurang, maka dari itu perlu dilakukan inovasi dengan menggunakan agregat halus pasir Tenggarong.

Dalam penelitian ini, pasir Tenggarong dipilih sebagai pengganti agregat halus dari Clereng. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh agregat halus pasir Tenggarong sebagai pengganti agregat halus Clereng terhadap Karakteristik *Marshall* pada campuran AC-WC, untuk mengetahui nilai KAO (kadar aspal optimum) pada karakteristik nilai uji *Marshall*, sifat-sifat dan karakteristik *Immersion Test*, dan untuk mengetahui nilai *Indirect Tensile Strength Test* serta mendapatkan nilai koefisien Permeabilitas. Adapun tabel perbandingan penelitian dapat dilihat sebagai berikut ini.

Tabel 1.1 Perbandingan Penelitian

No	Aspek	Kasiati, dkk (2015)	Ramadan dan Suparma (2018)	Arifiardi, dkk (2016)	Syahrul (2012)	Penulis
1	Judul	Penggunaan Pasir Seruyan Kalimantan Tengah Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Aspal Beton AC-WC	Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Pada Laston Ac-Wc Sebagai Pengganti Agregat Halus	Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Lapis Permukaan Aspal Beton	Perkerasan Campuran Aspal Beton (<i>AC-Base</i>) dengan Material Lokal Kutai Kartanegara	Pengaruh Penggunaan Pasir Tenggaraong Kalimantan Timur Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC
2	Jenis Campuran	<i>AC-WC</i>	<i>AC-WC</i>	<i>AC-WC</i>	<i>AC Base</i>	<i>AC-WC</i>
3	Agregat Pengganti	Pantai Seruyan	Pasir Kuarsa	Pasir Pantai Carita	Pasir Jembayan	Pasir Tenggaraong

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian

No	Aspek	Kasiati, dkk (2015)	Ramadan dan Suparma (2018)	Arifiardi, dkk (2016)	Syahrul (2012)	Penulis
4	Jenis Aspal	Aspal Pen 60/70	Aspal Pen 60/70	Aspal Pen 80	Aspal Pen 60/70	Aspal Pen 60/70
5	Pengujian	Pengujian <i>Marshall</i>	Pengujian <i>Marshall</i> , <i>Imerssion</i> , <i>ITS</i>	Pengujian <i>Marshall</i>	Pengujian <i>Marshall</i> , <i>Immersion</i> dan <i>ITS</i>	Pengujian <i>Marshall</i> , <i>Immersion</i> , <i>ITS</i> dan Permeabilitas
6	Hasil	Pengujian <i>Marshall</i> diperoleh grafik hubungan parameter campuran aspal beton, dengan kadar aspal optimum 5,27%.	Pengujian <i>Marshall</i> pada campuran 75% dan 100% tidak memenuhi persyaratan. Sedangkan, pengujian <i>ITS</i> memenuhi spesifikasi persyaratan.	Penggunaan Pasir dengan variasi campuran 50% memenuhi persyaratan kelelahan, VMA, VFB, dan VIM. Sedangkan, variasi campuran 100% tidak memenuhi persyaratan.	Campuran <i>AC Base</i> menggunakan pasir tersebut memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi yang ditetapkan.	

(Sumber : Kasiati, dkk (2015), Ramadan dan Suparma (2018), Arifiardi, dkk (2016), Syahrul (2012))

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang digunakan untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi serta diharapkan pada masa pelayanan tidak terjadi suatu kerusakan yang berarti. Agregat yang biasa digunakan untuk pembuatan struktur perkerasan jalan adalah batu pecah, batu belah atau bahan lainnya. Bahan ikat yang digunakan dalam struktur perkerasan jalan adalah aspal, semen dan tanah liat. Jenis lapis struktur perkerasan jalan beserta fungsinya dan material yang digunakan untuk masing-masing jenis perkerasan jalan perlu diketahui dengan baik agar diperoleh struktur perkerasan yang kuat, awet dan ekonomis.

3.2 Jenis - Jenis Perkerasan

Jenis perkerasan jalan yang digunakan biasa berhubungan dengan kondisi geografis alam yang akan digunakan jalan raya maupun bahan ikat untuk pembangunan jalan tersebut. Adapun jenis perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi (Sukiman, 1999) :

1. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible pavement*) merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan tersebut adalah lapisan permukaan (*surface coarse*), lapisan pondasi atas (*base coarse*), lapisan pondasi bawah (*sub-base coarse*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*).
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton (*slab concrete*).

3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*) merupakan kombinasi perkerasan kaku dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

3.3 Material Yang Digunakan

Adapun material yang digunakan dalam perkerasan jalan meliputi :

3.3.1 Agregat Halus

Agregat halus merupakan batuan yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm). Fungsi utama agregat halus adalah memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui *interlocking* dan gesekan antar partikel. Agregat halus memiliki persyaratan agar dapat digunakan dalam material perkerasan jalan. Berikut ini Tabel 3.1 persyaratan untuk agregat halus.

Tabel 3.1 Persyaratan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
<i>Sand Equivalent</i>	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Berat jenis dan penyerapan agregat halus	SNI 03-1969-1990	Berat Jenis > 2,5 Penyerapan Air < 3%

(Sumber :Bina Marga 2010 revisi 3, divisi 6)

3.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serat mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik dengan material yang lain. Agregat kasar memiliki persyaratan agar dapat digunakan dalam material perkerasan jalan. Berikut ini Tabel 3.2 persyaratan untuk agregat kasar.

Tabel 3.2 Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC modifikasi	100 Putaran	SNI 2417-2008	Maks. 6%
		500 Putaran		Maks. 30%
	Semua jenis aspal bergradasi lainnya	100 Putaran		Maks.8%
		500 Putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 03-2439-1991	Min.95%
Berat jenis dan penyerapan agregat kasar			SNI 03-1969-1990	Berat Jenis > 2,5 Penyerapan < 3%

(Sumber :Bina Marga 2010 revisi 3, divisi 6)

3.3.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Mineral pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Terlampau tinggi kadar *filler* cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas, pada sisi lain kadar *filler* yang terlampau rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi.

3.3.4 Bahan Ikat (Aspal)

Aspal merupakan bahan hidro karbon yang bersifat melekat, berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan viskoelastis. Menurut Sukirman (2012) aspal digunakan sebagai material dalam perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan pengikat yaitu memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara sesama aspal. Dan berfungsi sebagai bahan pengisi yaitu mengisi rongga antar butir agregat dalam pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

3.4 Lapis Aspal Beton

Aspal beton (*Asphalt Concrete* atau AC) yang disebut juga dengan Laston (Lapisan Aspal Beton) merupakan lapis permukaan struktural atau lapis pondasi atas. Berikut adalah jenis laston di Indonesia :

1. laston sebagai lapisan aus, dinamakan *AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)* merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus.
2. laston sebagai lapisan pengikat, dinamakan *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course)* merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*wearing course*) dan di atas lapisan pondasi (*base course*).
3. laston sebagai lapisan pondasi, dinamakan *AC-Base (Asphalt Concrete-Base)* merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapisan ini terletak di bawah lapis pengikat (*AC- BC*).

Menurut spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010 Revisi 3, setiap jenis lapisan aspal beton masing-masing memiliki ketentuan ketebalan. Berikut tebal minimum lapis perkerasan pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Laston	Lapis Aus	<i>AC-WC</i>	4,0
	Lapis Antara	<i>AC-BC</i>	6,0
	Lapis Pondasi	<i>AC-Base</i>	7,5

(Sumber :Bina Marga 2010 revisi 3, divisi 6)

Selain spesifikasi di atas, Bina Marga 2010 juga memberikan persyaratan untuk sifat-sifat campuran laston dalam lapis perkerasan. Sifat campuran yang dimaksud dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min.	2		

(Sumber : Bina Marga 2010 revisi 3, divisi 6)

Dalam penelitian ini, aspal yang digunakan adalah Pertamina Pen 60/70. Ketentuan aspal yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Ketentuan Aspal Pertamina Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Aspal Penetreasi 60/70
1	Penetrasi pada 25°C (mm)	SNI 06 - 3456 - 1991	60 - 70
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 48
3	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 100
4	Titik Nyala (°C)	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 232
5	Berat Jenis	SNI 06 - 3456 - 1991	≥ 1,0

(Sumber : Bina Marga 2010 revisi 3, divisi 6)

3.5 Metode Pengujian

Metode pengujian perkerasan pada penelitian terdiri dari empat pengujian. Berikut macam-macam metode pengujian pada penelitian ini.

3.5.1 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall digunakan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Adapun parameter dalam pengujian *Marshall* ini di antaranya stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *MQ* (*Marshall Quotient*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *VFWA* (*Void Filled With Asphaly*), *VMA* (*Void in Mineral Agregat*), dan kepadatan (*density*).

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan dalam menahan beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk yang permanen (*permanent deformation*) seperti alur (*rutting*), gelombang (*washboarding*), dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani oleh jalan tersebut. Nilai stabilitas dapat diketahui dari pembacaan arloji stabilitas pada *Marshall Test*. Akan tetapi nilai tersebut masih harus dikoreksi dengan kalibrasi alat dan ketebalan benda uji. Berikut merupakan rumus perhitungan nilai stabilitas dapat dilihat pada Persamaan 3.1 berikut ini.

$$q = p \times s \quad (3.1)$$

dengan :

q = Stabilitas (kg),

p = Pembacaan dari arloji stabilitas x kalibrasi alat,

s = Angka koreksi tebal benda uji

2. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan merupakan besarnya deformasi vertikal mulai awal pembebanan hingga kondisi stabilitas terlihat menurun yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inci. Suatu campuran yang memiliki tingkat kelelahan rendah serta nilai

stabilitas tinggi akan cenderung bersifat getas terhadap beban. Sehingga, perkerasan cenderung akan mengalami retak sebelum masa pelayanan rencana. Angka *flow* dapat diketahui dari pembacaan arloji dalam satuan panjang (mm).

3. *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara nilai stabilitas dengan nilai kelelahan (*flow*). Jika campuran memiliki nilai *MQ* yang tinggi berarti campuran tersebut cenderung bersifat kaku dan mengakibatkan perkerasan menjadi mudah retak. Sedangkan jika campuran memiliki nilai *MQ* rendah berarti campuran tersebut memiliki sifat lentur yang tinggi tetapi cenderung kurang stabil. Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.2 berikut ini.

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (3.2)$$

dengan :

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

q = Stabilitas (kg), dan

r = *Flow* (mm).

4. *Void In The Mix (VITM)*

VITM merupakan persentase rongga udara dalam campuran aspal yang telah dipadatkan. Nilai *VITM* merupakan indikator dari durabilitas dan kemungkinan *bleeding*. Adapun cara menghitung nilai *VITM* dapat dilihat pada Persamaan 3.3 dan 3.4 berikut ini.

$$n = 100 - \left(100 - \frac{g}{h}\right) \quad (3.3)$$

$$h = 100 - \left[\frac{100}{\left(\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ Aspal}}\right)} \right] \quad (3.4)$$

dengan :

n = nilai *VITM*,

g = berat isi sampel (gr/cc), dan

h = berat jenis maksimum teoritis campuran.

5. *Void In Mineral Aggregate (VMA)*

VMA merupakan presentase rongga udara yang ada di antara butir-butir agregat dalam campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal terhadap volume campuran agregat aspal. Adapun nilai *VMA* dapat diperoleh dengan menggunakan dari Persamaan 3.5 dan 3.6 berikut ini.

$$l = 100 - j \quad (3.5)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.6)$$

dengan :

l = nilai *VMA* (%),

b = presentase aspal terhadap campuran (%), dan

g = berat isi sampel (gr/cc).

6. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

VFWA merupakan presentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. *VFWA* adalah bagian dari *VMA* yang terisi aspal. Sehingga aspal yang mengisi *VFWA* adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat. Semakin besar nilai *VFWA* pada suatu campuran maka semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal sehingga mengakibatkan campuran menjadi kedap air, sedangkan jika nilai *VFWA* ada campuran rendah maka kekedapan terhadap air dan udara juga rendah. Nilai *VFWA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.7 sampai 3.11 berikut ini.

Persentase aspal terhadap campuran

$$h = \frac{a}{100+a} \times 100 \quad (3.7)$$

dengan :

a = persentase aspal terhadap batuan, dan

b = persentase aspal terhadap campuran.

Persentase aspal terhadap agregat

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.8)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ Aspal}} \quad (3.9)$$

$$l = 100 - j \quad (3.10)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.11)$$

dengan :

m = VFWA (%),

g = berat isi sampel (gr/cc), dan

b = persentase aspal terhadap campuran.

7. Kepadatan (*Density*)

Kepadatan merupakan nilai berat volume yang menunjukkan kepadatan dari campuran beton aspal. Jumlah aspal yang menyelimuti permukaan butir agregat dinyatakan dengan kadar aspal efektif. Jika kadar aspal efektif semakin tinggi maka selimut aspal akan semakin tebal pada setiap butir agregat. Tebal selimut aspal sangat dipengaruhi oleh luas permukaan seluruh butir-butir agregat. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kepadatan adalah temperatur pemadatan, komposisi bahan penyusun, kadar *filler*, energi pemadat dan kadar aspal. Semakin besar nilai *density*, maka kerapatannya semakin baik. Adapun nilai *density* dapat diperoleh dengan Persamaan 3.12 dan 3.13 berikut ini.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.12)$$

$$f = d - e \quad (3.13)$$

dengan:

g = Nilai *density* (gr/cc),

c = Berat benda uji sebelum direndam (gr),

d = Berat benda uji dalam keadaan jenuh / ssd (gr),

e = Berat dalam air (gr), dan

f = Volume / isi (cm³).

3.5.2 Pengujian *Immersion Test*

Immersion Test atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam *waterbath* yang berbeda. Menurut *AASHTO T.165-74* atau *ASTM D.1075-54* (1969) ada dua metode uji perendaman *Marshall* (*Immersion Test*) yaitu uji perendaman selama 4 x 24 jam dengan suhu $\pm 50^{\circ}$ C dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu $\pm 60^{\circ}$ C. Pada penelitian ini dipakai metode uji perendaman (*Marshall*) 24 jam dalam suhu konstan 60° C sebelum pembebanan diberikan.

Bina Marga menyaratkan nilai *Immersion Test* minimum adalah 90%. Dari nilai stabilitas yang di dapat dari kedua pengujian perendaman, kemudian dihitung nilai *Immersion Test* menggunakan Persamaan 3.14 berikut.

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \quad (3.14)$$

dengan:

S_1 = rata – rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama 30 menit (kg),

S_2 = rata – rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama 24 jam (kg).

3.5.3 Pengujian *Indirect Tensile Strength Test*

ITS (*Indirect Tensile Strength*) merupakan metode untuk mengetahui nilai gaya tarik pada campuran aspal beton. Saat beton aspal menerima beban yang melintas di atasnya, maka akan terjadi gaya tekan pada bagian atas beton aspal dan gaya tarik pada bagian bawahnya. Sehingga kemampuan beton aspal dalam menerima gaya tarik perlu diketahui, dalam hal ini dapat menggunakan alat *Indirect Tensile Strength* atau biasa disebut *ITS*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak di lapangan. Pengujian hampir sama dengan

pengujian *Marshall*, yang membedakan hanya pada pengujian kuat tarik tak langsung tidak menggunakan cincin penguji namun menggunakan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*.

Adapun *Indirect Tensile Strength Test* adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Nilai *ITS* dapat diperoleh dari Persamaan 3.15 seperti berikut.

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times d \times h} \quad (3.15)$$

dengan:

<i>ITS</i>	= Kuat tarik tidak langsung (N/mm ²),
P runtuh	= Beban puncak (N),
h	= Tinggi sampel (mm),
d	= Diameter benda uji (mm)

3.5.4 Pengujian Permeabilitas

Permeabilitas adalah tingkat derajat kerapatan konstruksi pada campuran aspal untuk dapat ditembus oleh zat cair. Permeabilitas aspal merupakan hal yang penting dalam kekuatan serta keawetan campuran aspal. Jika permeabilitas aspal semakin kecil, maka air yang dapat masuk ke dalam konstruksi aspal akan semakin sedikit, sehingga keawetan aspal lebih panjang.

Berdasarkan koefisien permeabilitas, campuran aspal dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat permeabilitasnya sendiri. Emrizal (2009) dalam Juliansyah (2017) menetapkan pembagian aspal berdasarkan permeabilitas seperti pada Tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.6 Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Angka Permeabilitas

K (cm/detik)	Permeabilitas
1×10^{-8}	Impervious (Kedap)
1×10^{-6}	Practically impervious (Hampir Kedap)
1×10^{-4}	Poor drainage (Drainase Jelek)
1×10^{-2}	Fair Drainage (Drainase Sedang)
1×10^{-1}	Good Drainage (Drainase Baik)

(Sumber : Emrizal (2009) dalam Juliansyah (2017))

Adapun untuk memperoleh koefisien permeabilitas dapat digunakan Persamaan 3.16 berikut.

$$k = \frac{V \cdot L \cdot \gamma_{Air}}{P \cdot A \cdot T} \quad (3.16)$$

dengan:

k = koefisien permeabilitas air (cm/dtk),

γ_{Air} = berat jenis air (dyne/cm³),

L = tinggi sampel (cm),

A = luas penampang sampel (cm²),

P = tekanan air (kgcm/det²/cm²),

V = volume rembesan (cm³), dan

T = lama waktu rembesan (dtk).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah langkah yang dimiliki dan dilakukan dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data serta melakukan investigasi pada data yang telah didapatkan tersebut. Metode penelitian memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi antara lain prosedur dan langkah-langkah yang harus ditempuh, waktu penelitian, sumber data, dan dengan langkah apa data-data tersebut diperoleh dan selanjutnya diolah dan dianalisis. Subagyo (1997) menyatakan metode penelitian merupakan suatu cara atau jalan untuk mendapatkan kembali pemecahan terhadap segala permasalahan yang diajukan. Di dalam penelitian diperlukan adanya beberapa teori untuk membantu memilih salah satu metode yang relevan terhadap permasalahan yang diajukan, mengingat bahwa tidak setiap permasalahan yang diteliti tentu saja berkaitan dengan kemampuan si peneliti, biaya dan lokasi. Pertimbangan tersebut mutlak diperlukan, dan penelitian tidak dapat diselesaikan dengan sembarang metode penelitian.

4.2 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dalam penelitian memiliki beberapa metode atau cara yang sesuai dengan data yang diperlukan. Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan data primer.

4.2.1 Data Primer

Data primer yaitu data yang diperoleh dari suatu pengujian langsung di lokasi penelitian. Adapun langkah kerja yang dilakukan sebagai berikut.

1. Melakukan pemeriksaan material.
2. Mencari nilai kadar aspal optimum (KAO)
3. Melakukan pengujian *MarshallTest*.
4. Melakukan pengujian *ImmersionTest*.
5. Melakukan pengujian *Indirect Tensile Strength Test*.

6. Melakukan pengujian Permeabilitas

4.3 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta disajikan dalam gambar diagram bagan alir penelitian (Gambar 4.6)

4.3.1 Persiapan Bahan

Persiapan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat berikut.

1. Pengujian Agregat

Agregat merupakan bahan penyusun utama dari lapis perkerasan jalan. Kualitas dari bahan tersebut harus baik, sehingga pengujian bahan dilakukan agar kualitasnya tetap terjaga. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar Dan Agregat Halus. (SNI 1969 : 2008 dan SNI 1970:2008)

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis semu, berat jenis jenuh permukaan serta angka penyerapan.

b. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (SNI 03-2349-1991)

Tujuan pengujian ini untuk mendapatkan angka berapa persen besarnya kelekatan agregat terhadap aspal.

c. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles (SNI-2417 : 2008)

Tujuan dari pengujian ini untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

d. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI 03-4428-1997)

Tujuan dari pengujian ini untuk mendapatkan nilai perbandingan pembacaan skala pasir dan pembacaan skala lumpur pada alat uji setara pasir yang dinyatakan dalam persen.

2. Pengujian Aspal

Bahan ikat yang digunakan dalam pengujian yaitu aspal Pertamina pen 60/70. Pengujian dimaksud agar aspal dapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Berikut ini adalah pengujian aspal yang dilakukan.

a. Pengujian Berat Jenis Aspal (SNI 06-2441-1991)

Berat jenis aspal merupakan perbandingan berat aspal dan berat air pada volume yang sama dan suhu tertentu. Besarnya berat jenis aspal diperlukan dalam membuat perencanaan perkerasan, karena digunakan untuk menentukan kadar aspal dalam campuran.

b. Pengujian Penetrasi (SNI 06-2456-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan tingkat kekerasan bitumen, apakah keras atau lembek.

c. Pengujian Daktilitas (SNI 06-2432-1991)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi dari aspal dan mendapatkan angka kelenturan yang didapat dari jarak terpanjang dari dua cetakan bitumen yang ditarik berlawanan arah. Uji ini dilakukan pada suhu 25 derajat celcius dan dengan kecepatan penarikan 50mm/menit

d. Pengujian Titik Lembek Aspal (SNI 06-2434-1991)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besaran titik lembek aspal yang berkisar antara 30 derajat sampai 200 derajat..

e. Pengujian Kelarutan Aspal (SNI-06-2438-1991)

Pengujian ini untuk mengetahui berapa besar kelarutan aspal pada larutan TCE.

f. Pengujian Titik Nyala dan Bakar (SNI 06-2433-2011)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui suhu dimana aspal terlihat menyala secara singkat (titik nyala) dan aspal menyala sekitar 5 detik (titik bakar).

4.3.2 Persiapan Alat

Semua peralatan yang digunakan untuk penelitian ini tersedia di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Seperangkat alat uji pengujian fisik agregat, meliputi mesin *Los Angeles*, saringan standar, dan tabung *Sand Equivalent*,

2. Alat uji *Marshall* yaitu seperangkat alat uji karakteristik campuran metode *Marshall*. Alat uji tersebut terdiri dari cetakan benda uji *mold*, mesin tekan lengkap dengan kepala penekan berbentuk lengkung (*Breaking Head*), cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5000 *Pound*) dengan ketelitian 12,5 kg (25 *Pound*), dilengkapi arloji tekan ketelitian 0,0025 cm (0,0001"), Arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01"). Selain itu dilengkapi juga dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 *Pound* (4,536 kg) dengan tinggi jatuh 18 inch (45,7 cm), dan bak perendam.
3. Alat uji *Immersion Test* adalah seperangkat alat uji *Immersion Test*. Alat ini terdiri dari alat tekan, meliputi *Proving Ring* berkapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukuran kelelahan (*Flow*) dengan ketelitian 0,25 mm. Alat tersebut juga dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 *Pound* (4,536 kg) dan tinggi jatuh 10 cm, spatula, bak perendaman (*water bath*), dan oven,
4. Pengujian *Indirect Tensile Strength Test* adalah seperangkat alat uji *Tensile Strength Test*. Alat uji *Indirect Tensile Strength* terdiri dari alat tekan (*strip loading*) selebar 0,5 inch, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukur kelelahan (*Flow*) dengan ketelitian 0,25 mm. Alat uji tersebut dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 *Pound* (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch (45,7 cm), cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, dan oven.

4.3.3 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus, agregat kasar maupun aspal. Sebelum digunakan dalam penelitian, bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan campuran tersebut harus diuji dan harus memenuhi persyaratan yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga. Jika pengujian bahan uji memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh Bina Marga maka dapat dilakukan penyaringan sesuai dengan gradasi yang direncanakan. Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran AC-WC. Gradasi untuk campuran dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4. 1 Gradasi Rencana AC-WC

Ukuran Saringan		Spesifikasi	
		Min	Max
1 ½"	37,5 mm	-	-
1"	25 mm	-	-
¾"	19 mm	100	100
½"	12,5 mm	90	100
⅜"	9,5 mm	77	90
No. 4	4,75 mm	53	69
No. 8	2,36 mm	33	53
No. 16	1,18 mm	21	40
No. 30	0,6 mm	14	30
No. 50	0,3 mm	9	22
No. 100	0,15 mm	6	15
No. 200	0,08 mm	4	9
Pan		0	0

(Sumber :Bina Marga, revisi 3 divisi 6 2010)

Selanjutnya, mencari nilai Kadar Aspal Optimum rencana dengan perhitungan dapat dilihat pada Persamaan 4.1 berikut ini.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + \text{Konstanta} \quad (4.1)$$

dengan:

- P_b = Kadar aspal perkiraan,
 CA = Agregat kasar tertahan saringan No. 4,
 FA = Agregat halus lolos saringan No. 4 dan tertahan No. 200, dan,
 Filler = Agregat halus lolos saringan No. 200.
 Konstanta = 1 sampai 2
- $$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + \text{Konstanta}$$
- $$= 0,035 (39) + 0,045 (54,5) + 0,18 (6,5) + 1$$
- $$= 5,9875$$
- $$= 6$$

4.3.4 Perencanaan Jumlah Benda Uji

Berikut ini adalah perencanaan jumlah benda uji yang akan digunakan dalam penelitian, Tabel perencanaan jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel 4.2 sampai 4.3 di bawah ini.

1. Perencanaan Jumlah Benda Uji untuk Pengujian KAO dengan Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Variasi Kadar Pasir Tenggarong

Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian KAO Aspal Pen 60/70

Jenis Aspal	Kadar Pasir Tenggarong	Jumlah Benda Uji Tiap Kadar Aspal (buah)				
		5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
Pertamina Pen 60/70	0% Pasir Tenggarong	3	3	3	3	3
	25% Pasir Tenggarong	3	3	3	3	3
	50% Pasir Tenggarong	3	3	3	3	3
	75% Pasir Tenggarong	3	3	3	3	3
	100% Pasir Tenggarong	3	3	3	3	3
	Jumlah	75				

Setelah didapatkan nilai KAO masing-masing variasi benda uji selanjutnya membuat benda uji untuk dilakukan pengujian *Marshall Test*, *ITS*, *Immersion Test*, dan Permeabilitas, tabel perencanaan benda uji untuk pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.3 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian *Marshall*, *Immersion*, *ITS* dan Permeabilitas pada KAO

Pengujian Menggunakan Aspal Pertamina Pen 60/70 Pada Kondisi KAO					
Jenis Pengujian	Jumlah Sampel Tiap Variasi Kadar Agregat Halus Pasir Tenggarong				
	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
<i>Imerssion</i>	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3

Lanjutan tabel 4.4 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian *Marshall, Immersion, ITS* dan Permeabilitas pada KAO

Pengujian Menggunakan Aspal Pertamina Pen 60/70 Pada Kondisi KAO					
Jenis Pengujian	Jumlah Sampel Tiap Variasi Kadar Agregat Halus Pasir Tenggarong				
	0%	25%	50%	75%	100%
Permeabilitas	3	3	3	3	3
Jumlah	60				

Total dari benda uji yang akan dibuat dalam penelitian ini adalah $75+60 = 135$ Buah

4.3.5 Perencanaan Gradasi dengan Variasi Agregat Halus Pasir Tenggarong

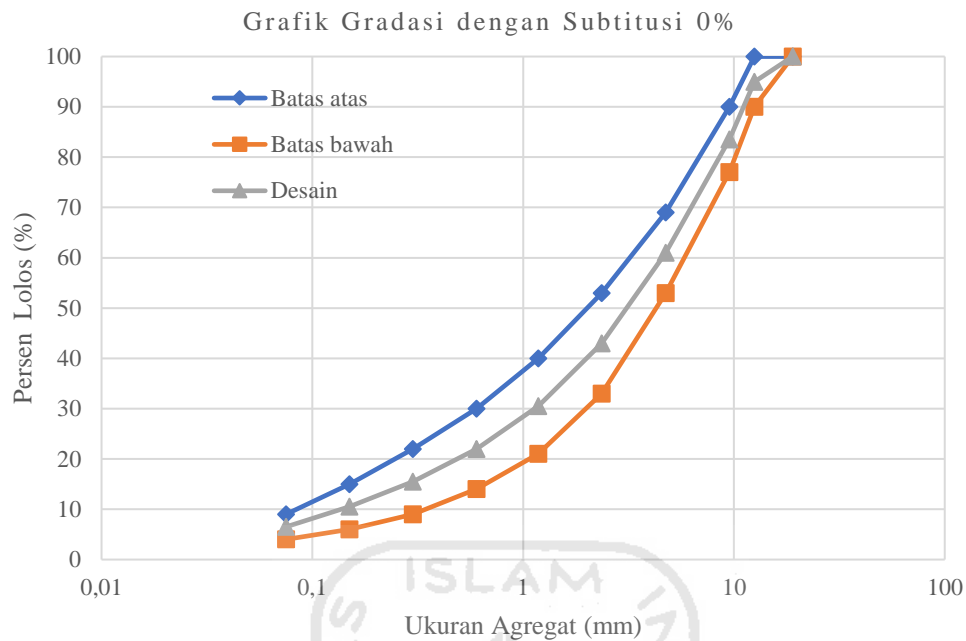
Perencanaan gradasi pada penelitian menggunakan variasi pasir Tenggarong sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Berikut ini adalah tabel jumlah berat pada masing-masing variasi dan gambar grafik dari variasi tersebut.

1. Substitusi Agregat untuk Variasi Pasir Tenggarong 0%

Berikut adalah Tabel 4.5 dan Gambar 4.1 pada substitusi agregat pada variasi 0% dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Substitusi Agregat 0%

Ukuran Butir (mm)	Spesifikasi			Tertahan Ideal (%)	Persen Kumulatif Tertahan (%)	Persen Tertahan Clereng (%)	Berat Tertahan Clereng (gr)	Persen Tertahan Pasir Tenggarong (%)	Jml Lolos (%)
	Max	Min	Spesifikasi Ideal						
19	100	100	100,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	100,00
12,5	100	90	95,0	5,5	5,5	5,00	57,00	0,00	95,00
9,5	90	77	83,5	16,5	16,5	11,50	131,10	0,00	83,50
4,75	69	53	61,0	39,0	39,0	22,50	256,50	0,00	61,00
2,36	53	33	43,0	57,5	57,5	18,00	205,20	0,00	43,00
1,18	40	21	30,5	69,5	69,5	12,50	142,50	0,00	30,50
0,6	30	14	22,0	78,0	78,0	8,50	96,90	0,00	22,00
0,3	22	9	15,5	84,5	84,5	6,50	74,10	0,00	15,50
0,15	15	6	10,5	89,5	89,5	5,00	57,00	0,00	10,50
0,075	9	4	6,5	93,5	93,5	4,00	45,60	0,00	6,50
Pan	0	0	0	100,0	100,0	6,50	74,10	0,00	0,00



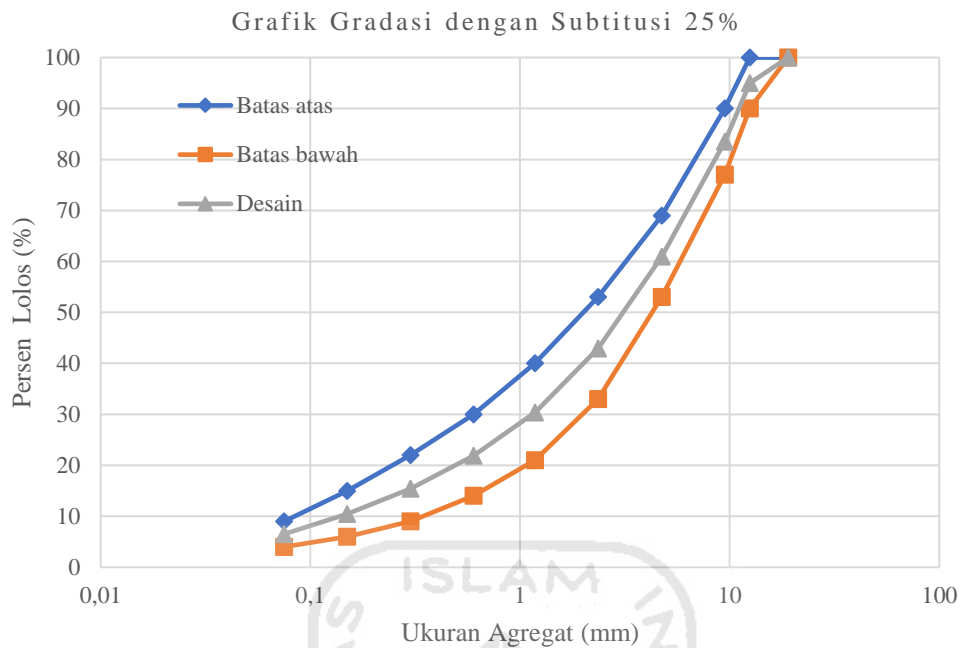
Gambar 4.1 Grafik Gradasi pada Subtitusi Agregat 0%

2. Subtitusi Agregat untuk Variasi Pasir Tenggaraong 25%

Berikut adalah Tabel 4.6 dan Gambar 4.2 pada subtitusi agregat pada variasi 25% dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Subtitusi Agregat 25%

Ukuran Butir (mm)	Lolos Saringan (%)			Tertahan Clereng (%)	Berat Tertahan Total (gr)	Berat Tertahan Clereng (gr)	Berat Tertahan Pasir pada Volume Sama (gr)	Berat Tertahan Kumulatif (g)	Kontrol lolos Total (%)
	Max	Min	Ideal						
19	100	100	100,0	0	0	0	0,0	0	100
12,5	100	90	95,0	5	57	57	0,0	57	94,99
9,5	90	77	83,5	11,5	131	131,1	0,0	188,1	83,47
4,75	69	53	61,0	22,5	257	256,5	0,0	444,6	60,93
2,36	53	33	43,0	18	205	205,2	0,0	649,8	42,9
1,18	40	21	30,5	12,5	143	142,5	0,0	792,3	30,38
0,6	30	14	22,0	8,5	97	96,9	0,0	889,2	21,86
0,3	22	9	15,5	6,5	74	55,58	17,69	962,46	15,43
0,15	15	6	10,5	5	57	42,75	13,61	1.018,82	10,47
0,075	9	4	6,5	4	46	11,4	10,88	1.063,9	6,51
Pan				6,5	74	74,1	0,00	1.138	0



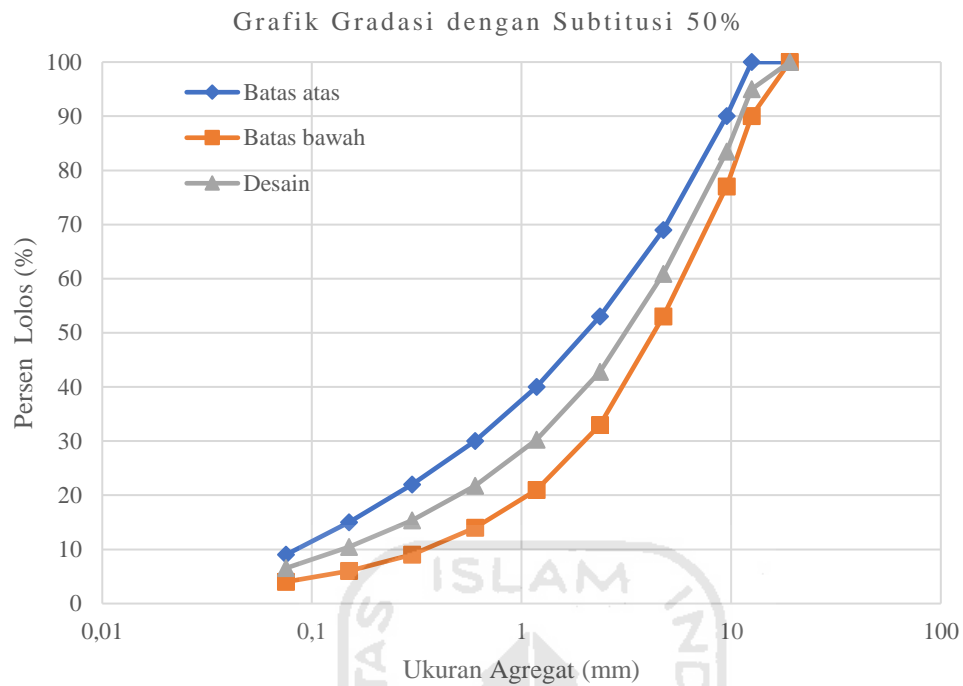
Gambar 4.2 Grafik Gradasi pada Substitusi Agregat 25%

3. Substitusi Agregat untuk Variasi Pasir Tenggara 50%

Berikut adalah Tabel 4.7 dan Gambar 4.3 pada substitusi agregat pada variasi 50% dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Substitusi Agregat 50%

Ukuran Butir (mm)	Lolos Saringan (%)			Tertahan Clereng (%)	Berat Tertahan Total (gr)	Berat Tertahan Clereng (gr)	Berat Tertahan Pasir pada Volume Sama (gr)	Berat Tertahan Kumulatif (g)	Kontrol lolos Total (%)
	Max	Min	Ideal						
19	100	100	100,0	0	0	0	0,0	0	100
12,5	100	90	95,0	5	57	57	0,0	57	94,98
9,5	90	77	83,5	11,5	131	131,1	0,0	188,1	83,44
4,75	69	53	61,0	22,5	257	256,5	0,0	444,6	60,86
2,36	53	33	43,0	18	205	205,2	0,0	649,8	42,8
1,18	40	21	30,5	12,5	143	142,5	0,0	792,3	30,26
0,6	30	14	22,0	8,5	97	96,9	0,0	889,2	21,73
0,3	22	9	15,5	6,5	74	37,05	35,37	961,62	15,35
0,15	15	6	10,5	5	57	28,5	27,21	1.017,34	10,45
0,075	9	4	6,5	4	46	22,8	21,77	1.061,9	6,52
Pan				6,5	74	74,1	0,00	1.136	0



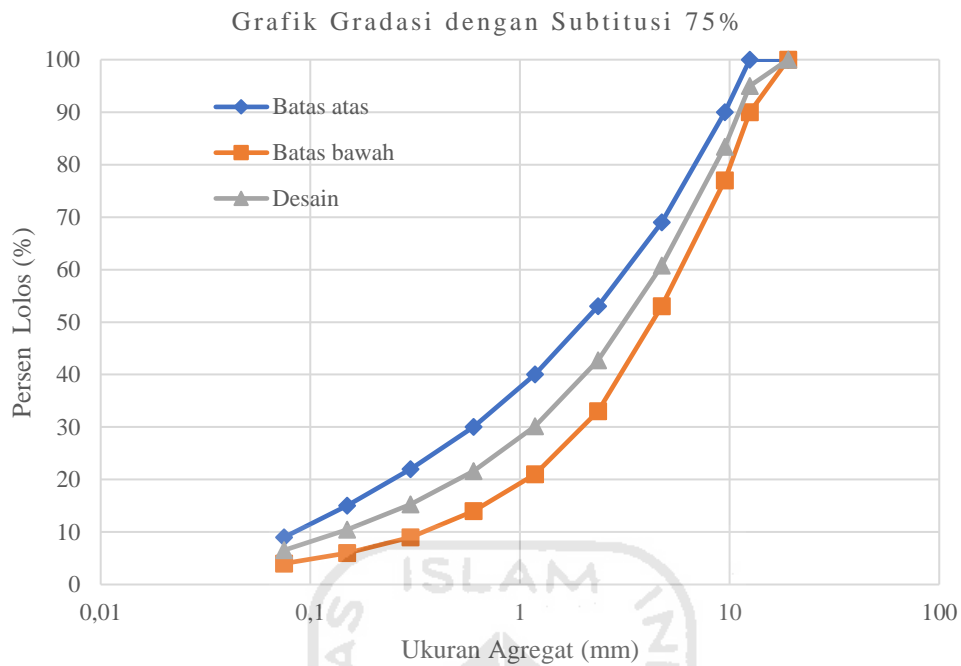
Gambar 4.3 Grafik Gradasi pada Subtitusi Agregat 50%

4. Subtitusi Agregat untuk Variasi Pasir Tenggara 75%

Berikut adalah Tabel 4.8 dan Gambar 4.4 pada subtitusi agregat pada variasi 75% dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Subtitusi Agregat 75%

Ukuran Butir (mm)	Lolos Saringan (%)			Tertahan Clereng (%)	Berat Tertahan Total (gr)	Berat Tertahan Clereng (gr)	Berat Tertahan Pasir pada Volume Sama (gr)	Berat Tertahan Kumulatif (g)	Kontrol lolos Total (%)
	Max	Min	Ideal						
19	100	100	100,0	0	0	0	0,0	0	100
12,5	100	90	95,0	5	57	57	0,0	57	94,97
9,5	90	77	83,5	11,5	131	131,1	0,0	188,1	83,41
4,75	69	53	61,0	22,5	257	256,5	0,0	444,6	60,79
2,36	53	33	43,0	18	205	205,2	0,0	649,8	42,7
1,18	40	21	30,5	12,5	143	142,5	0,0	792,3	30,13
0,6	30	14	22,0	8,5	97	96,9	0,0	889,2	21,59
0,3	22	9	15,5	6,5	74	18,53	53,06	960,79	15,28
0,15	15	6	10,5	5	57	14,25	40,82	1.015,85	10,42
0,075	9	4	6,5	4	46	11,40	32,65	1.059,91	6,53
Pan				6,5	74	74,1	0,00	1.134,01	0



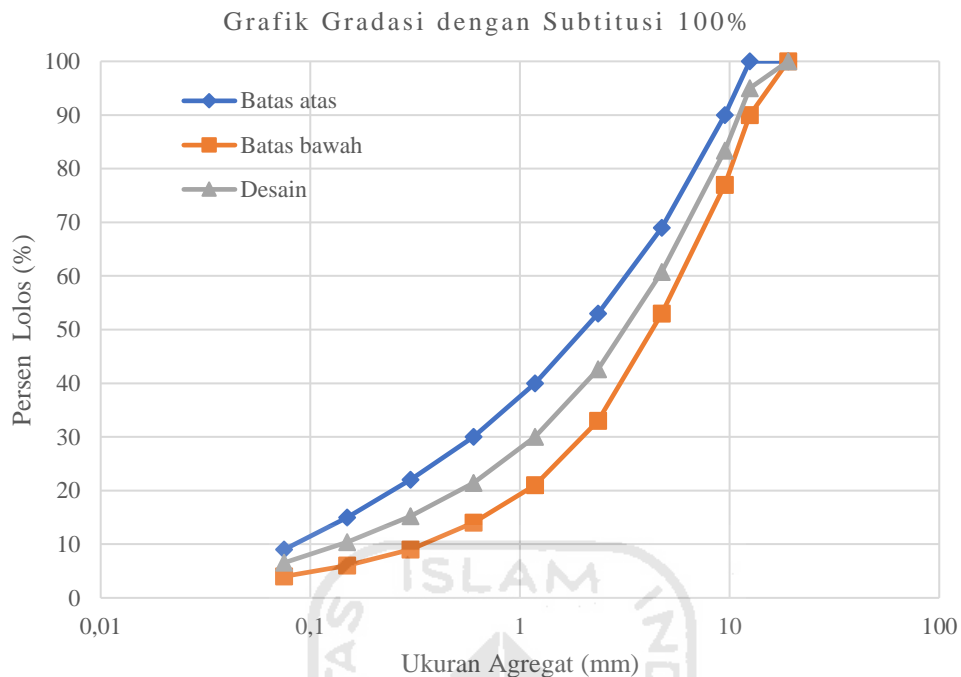
Gambar 4.4 Grafik Gradasi pada Subtitusi Agregat 75%

5. Subtitusi Agregat untuk Variasi Pasir Tenggara 100%

Berikut adalah Tabel 4.9 dan Gambar 4.5 pada subtitusi agregat pada variasi 100% dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Subtitusi Agregat 100%

Ukuran Butir (mm)	Lolos Saringan (%)			Tertahan Clereng (%)	Berat Tertahan Total (gr)	Berat Tertahan Clereng (gr)	Berat Tertahan Pasir pada Volume Sama (gr)	Berat Tertahan Kumulatif (g)	Kontrol lolos Total (%)
	Max	Min	Ideal						
19	100	100	100,0	0	0	0	0,0	0	100
12,5	100	90	95,0	5	57	57	0,0	57	94,96
9,5	90	77	83,5	11,5	131	131,1	0,0	188,1	83,38
4,75	69	53	61,0	22,5	257	256,5	0,0	444,6	60,72
2,36	53	33	43,0	18	205	205,2	0,0	649,8	42,60
1,18	40	21	30,5	12,5	143	142,5	0,0	792,3	30,01
0,6	30	14	22,0	8,5	97	96,9	0,0	889,2	21,45
0,3	22	9	15,5	6,5	74	0,00	70,75	959,95	15,20
0,15	15	6	10,5	5	57	0,00	54,42	1.014,37	10,39
0,075	9	4	6,5	4	46	0,00	43,54	1.057,91	6,55
Pan				6,5	74	74,1	0,00	1.132,01	0



Gambar 4.5 Grafik Gradasi pada Substitusi Agregat 100%

4.4 Pengujian Yang Dilakukan

Dalam penelitian yang dilakukan, penulis melakukan empat jenis pengujian yaitu *Marshall Test*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength Test* dan Permeabilitas.

4.4.1 Pengujian *Marshall Test*

Pengujian *Marshall Test* dapat dilihat sebagai berikut ini.

1. Membersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel.
2. Memberi tanda pada masing-masing.
3. Melakukan pengukuran ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu merata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
4. Menimbang untuk mengetahui berat kering benda uji.
5. Merendam benda uji di dalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
6. Menimbang benda uji di dalam air untuk mendapatkan isi.
7. Mengeringkan permukaan benda uji dengan kain lap yang lembab sampai kering permukaan jenuh (*SSD*).

8. Menimbang benda uji dalam kondisi *SSD*.
9. Merendam benda uji aspal panas atau benda uji dalam bak perendam selama 30 sampai pada suhu $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$, atau dipanaskan dalam oven selama 2 jam dengan suhu tetap $(60 \pm 1)^{\circ}\text{C}$, atau $(38 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji.
10. Sebelum pengujian, membersihkan dan melumasi terlebih dahulu batang penuntun (*Guide road*) dan permukaan dalam dari kepala penekan (*Test Head*), sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas. Bila dikedahki dapat juga kepala penekan direndam bersama-sama benda uji pada suhu antara 21 sampai 38°C .
11. Memasang arloji kelelahan (*Flow meter*) pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide road*).
12. Menaikkan kepala penekan (*Test head*) benda uji sampai menyentuh alas cincin penguji, kemudian mengatur jarum kedudukan arloji tekan pada angka nol.
13. Memulai pembebanan dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sampai pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dibaca arloji kelelahannya.
14. Setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji, maka hasil dapat diketahui, kemudian dilakukan proses penghitungan selanjutnya.

4.4.2 Pengujian *Immersion*

Pengujian *Immersion* dapat dilihat sebagai berikut ini.

1. Mempersiapkan benda uji.
2. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari *Marshall Test* pasir Tenggarong sebagai agregat dengan proporsi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.
3. Menguji *Immersion Test* dengan lama perendaman 24 jam.
4. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Immersion Test*,
5. Membuat kesimpulan berdasarkan hasil penelitian.

4.4.3 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Pengujian *Indirect Tensile Strength* dapat dilihat sebagai berikut ini.

1. Mempersiapkan bahan uji,

2. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari *Marshall Test* menggunakan pasir Tenggara sebagai agregat halus dengan proporsi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%,
3. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian,
4. Mendapatkan nilai pembacaan dial
5. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Indirect Tensile Strength*,
6. Membuat kesimpulan berdasarkan hasil penelitian.

4.4.4 Pengujian Permeabilitas

Pengujian Permeabilitas dapat dilihat sebagai berikut ini.

1. Membersihkan permukaan benda uji dari debu dan kotoran dalam keadaan kering,
2. Memberi tanda pengenal pada benda uji,
3. Memasang benda uji di dalam bejana rembesan yang telah dipersiapkan,
4. Mengisi celah antara benda uji dan bejana rembesan dengan parafin atau sejenisnya,
5. Memasang tutup bejana rembesan kemudian kencangkan dengan menggunakan mur dan baut pada tempat yang telah disediakan,
6. Kemudian membuka katup pengaliran air dan lubang pembuangan udara. Pipa pengaliran air dihubungkan dengan bagian atas katup lubang udara (N₂) yang berfungsi memberikan tekanan pada air,
7. Menampung air rembesan di dalam tabung penampung hingga mencapai volume sebesar 1000 cc dan mencatat waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air sebanyak 1000 cc,
8. Mengeluarkan benda uji dari bejana rembesan dengan cara memanaskan parafin hingga mencair.

4.5 Analisis Data

Data yang didapat untuk dilakukan analisis data dalam penelitian ini antara lain, tebal benda uji (gram), berat benda uji sebelum direndam (gram), berat benda

uji di dalam air (gram), berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram), pembacaan arloji stabilitas (kg), dan pembacaan arloji kelelahan *flow*(mm).

Data-data di atas dihitung nilai *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*), *VFWA*(*Void Filled With Asphalt*), *VITM* (*Void in Total Mix*), stabilitas (*stability*), *MQ* (*Marshall Quetient*), kelelahan (*Flow*), dan kepadatan (*Density*) dapat dihitung berdasarkan.

1. Berat Jenis Aspal = (Berat / Volume).
2. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat merupakan gabungan dari berat jenis agregat kasar, agregat halus. Untuk memperoleh nilai berat jenis tersebut digunakan Persamaan 4.1 di bawah ini.

$$Bj \text{ agregat} = \frac{100}{\left(\frac{A}{F1}\right) + \left(\frac{B}{F2}\right)} \quad (4.1)$$

dengan :

A = Persentase agregat kasar

B = Persentase agregat halus

F1 = Berat jenis agregat kasar

F2 = Berat jenis agregat halus

3. Berat jenis teoritis campuran menggunakan Persamaan 4.2.

$$h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{BJ \text{ agregat}}} \quad (4.2)$$

Data dari perhitungan di atas dipergunakan untuk mencari nilai-nilai dari *VMA*, *VFWA*, *VITM*, *Density*, *Marshall Quotient*, *Stabilitas* dan *Flow*.

- a. *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*)

Untuk mencari nilai *VMA* dapat dilihat di Persamaan 4.3 dan 4.4 :

$$I=100-j \quad (4.3)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (4.4)$$

Keterangan:

I = Nilai *VMA* (%)

b = Persentase aspal terhadap campuran (%)

g = Berat isi sampel (gr/cc)

Menurut Bina Marga 2010 nilai *VMA* > 15%

b. *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA adalah persentase rongga campuran yang berisi aspal. Nilai *VFWA* akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu (rongga telah penuh). Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Nilai *VFWA* dihitung dengan Persamaan 4.5 – 4.9 di bawah ini.

$$VFWA = 100 \times \frac{i}{j} \quad (4.6)$$

$$b = \frac{a}{100+a} \times 100 \quad (4.7)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ agregat}} \quad (4.8)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ \text{ agregat}} \quad (4.9)$$

$$I = 100 - j \quad (4.10)$$

Keterangan:

a = persentase aspal terhadap batuan

b = persentase aspal terhadap campuran

I = persen rongga terisi aspal

i dan j = Persamaan substitusi

g = berat isi sampel (gr/cc)

c. *VITM* (*Void in the Total Mix*)

VITM merupakan persentase rongga dalam suatu campuran yang telah dipadatkan.

Nilai *VITM* dihitung dengan Persamaan 4.10 dan 4.11 di bawah ini.

$$n = 100 - \left(100 - \frac{g}{h} \right) \quad (4.11)$$

$$h = 100 - \left(\frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{\text{BJ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{\text{BJ Aspal}}} \right) \quad (4.12)$$

Keterangan:

g = Berat isi sampel (gr/cc)

n = Nilai *VITM*

h = Berat jenis maksimum teoritis campuran

Menurut Bina Marga 2010 nilai *VITM* 3 - 5%

d. Stabilitas (*Stability*)

Nilai stabilitas benda uji dapat diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian *Marshall*. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan Persamaan 4.12 di bawah ini.

$$q = p \times s \quad (4.12)$$

Keterangan:

q = Angka stabilitas

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

s = Angka koreksi tebal benda uji

Menurut Bina Marga 2010 nilai stabilitas > 800 kg.

e. *MQ (Marshall Quotient)*

MQ adalah nilai dari stabilitas dibagi dengan *flow* (kelelehan)

Nilai dari *Marshall Quotient* dapat diperoleh dengan rumus di bawah ini.

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (4.13)$$

Keterangan :

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

Q = Nilai stabilitas (kg)

R = Nilai (*Flow*)

Menurut Bina Marga 2010 nilai *MQ* > 250 kg/mm

f. Kelelehan (*Flow*)

Flow menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan (sampai beban batas). Nilai ini langsung dapat dibaca dari pembacaan arloji kelelehan (*flow*) saat pengujian *Marshall*. Nilai *flow* pada arloji dalam satuan inchi, maka harus dikonversikan dalam satuan millimeter.

Menurut Bina Marga 2010 nilai *Flow* > 3 kg.

g. Kepadatan (*Density*)

Density merupakan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan kadar aspal.

Nilai *Density* dapat diperoleh dari Persamaan 4.15 dan 4.16 :

$$g = \frac{c}{f} \quad (4.15)$$

$$f = d - e \quad (4.16)$$

dengan :

g = nilai *Density* (gr/cc)

c = berat benda uji sebelum direndam (gr)

d = berat benda uji dalam keadaan jenuh/SSD (gr)

e = berat dalam air (gr)

f = volume / isi (cm³)

h. Nilai *Immersion Test*

Nilai *Index of Retained Strenght* diperoleh dari hasil *Immersion Test* kemudian diolah menggunakan Persamaan 4.17 berikut.

$$\text{Index of Retained Strenght} = (S2/S1) \times 100 \quad (4.17)$$

dengan :

S1 = Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam

S2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

i. Nilai *ITS* (*Indirect Tensile Strength*)

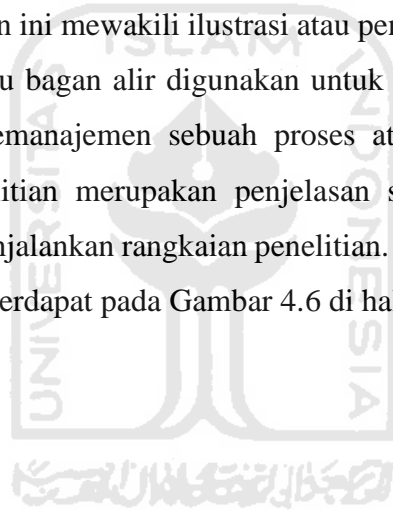
Nilai *ITS* (*Indirect Tensile Strength*) merupakan nilai kuat tarik maksimum terhadap campuran aspal beton dan diperoleh dari hasil pengujian dengan menggunakan rumus dari hasil persamaan 3.15.

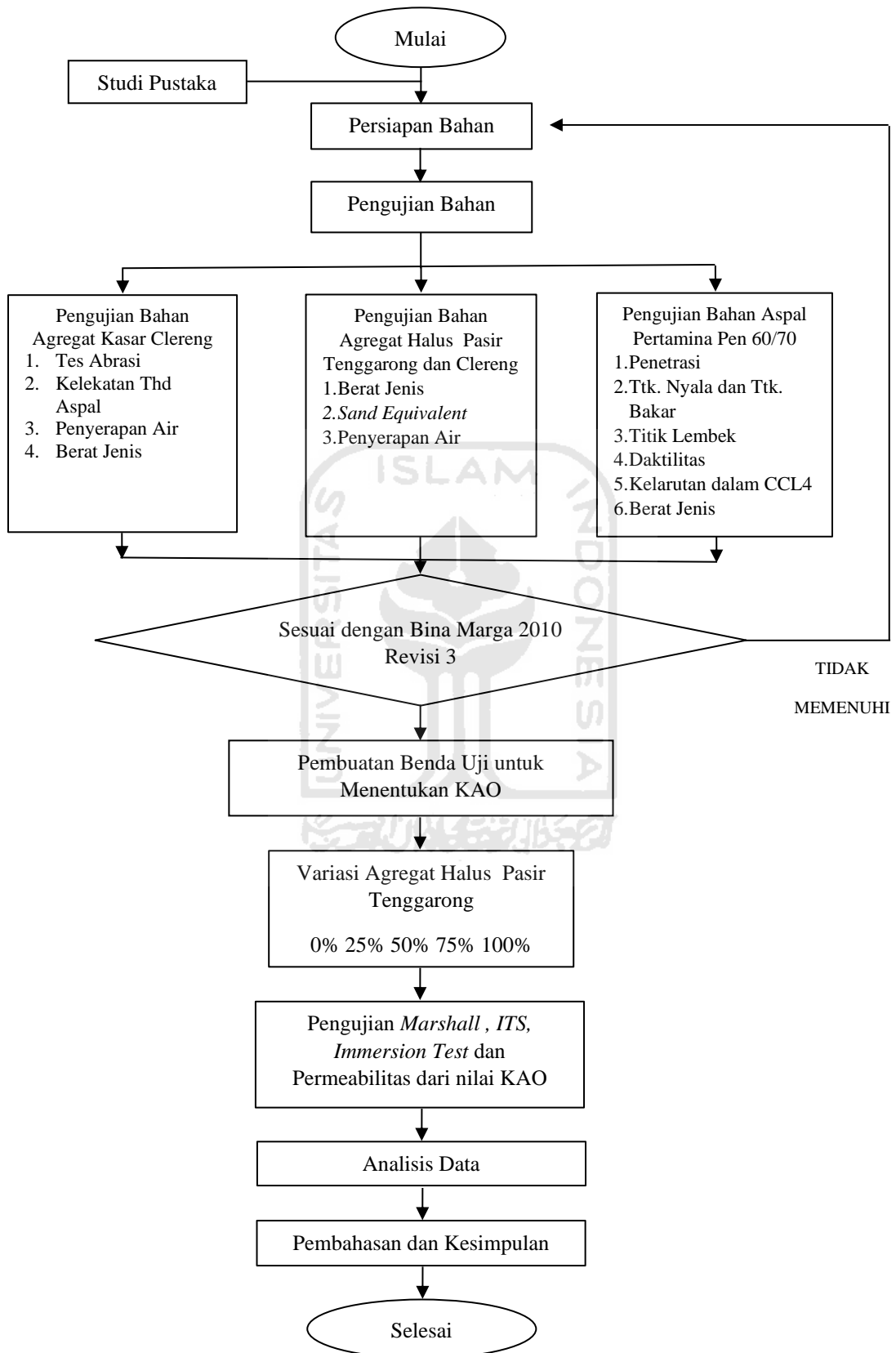
j. Nilai Permeabilitas

Nilai permeabilitas merupakan kemampuan benda uji tersebut untuk meloloskan air. Hasil nilai dari permeabilitas dapat diperoleh menggunakan rumus persamaan 3.16.

4.6 Bagan Alir

Diagram atau bagan ini mewakili ilustrasi atau penggambaran penyelesaian masalah. Diagram alir atau bagan alir digunakan untuk menganalisa, mendesain, mendokumentasi atau memajemen sebuah proses atau program di berbagai bidang. Bagan alir penelitian merupakan penjelasan secara singkat mengenai tahapantahapan dalam menjalankan rangkaian penelitian. Penjelasan secara singkat metodologi penelitian ini terdapat pada Gambar 4.6 di halaman berikut.





Gambar 4.6 Diagram Alir

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Material

Berdasarkan pengujian karakteristik material agregat meliputi pengujian agregat kasar, agregat halus dan filler, didapatkan hasil pengujian sebagai berikut ini.

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh mengacu pada persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010, Revisi 3. Adapun hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 5.1, Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 sebagai berikut ini dan Tabel hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8 sampai Lampiran 14 .

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,660	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air	≤ 3	1,686	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	≥ 95	98	Memenuhi
4	Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles	≤ 40	13,05	Memenuhi

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil		Keterangan
			Clereng	Pasir Tenggarong	
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,655	2,533	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air	≤ 3	2,349	1,797	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i>	≥ 50	93,155	95,536	Memenuhi

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Karakteristik Filler

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≤ 8	2,553	Memenuhi

a. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Berat jenis agregat merupakan perbandingan antara berat volume agregat yang digunakan dengan berat volume air pada suhu yang sama dan penyerapan air merupakan kemampuan bahan untuk menyerap air yang masuk melalui pori atau rongga yang ada pada agregat. Agregat yang mempunyai pori atau rongga yang kecil menyebabkan kebutuhan aspal lebih sedikit karena nilai penyerapannya semakin kecil. Pada pengujian ini hasil berat jenis untuk agregat kasar Clereng sebesar 2,660 dan penyerapannya 1,686%, nilai berat jenis dan penyerapan agregat kasar Clereng telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 untuk berat jenis $\geq 2,5$ dan penyerapan air $\leq 3\%$.

b. Kelekatan Agregat Kasar terhadap Aspal

Pengujian kelekatan agregat untuk menentukan persentase luas permukaan agregat yang terselimuti oleh aspal terhadap permukaan agregat. Hasil pengujian agregat Clereng menunjukkan persentase permukaan agregat terselimuti oleh aspal sebesar 98% untuk agregat Clereng nilai tersebut memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 yaitu $\geq 95\%$.

c. Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles.

Pengujian keausan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap penghancuran (degradasi) yang dilakukan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Pada pengujian ini didapatkan nilai keausan agregat kasar Clereng yaitu 13,05%, nilai tersebut telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 yaitu ≤ 40 .

d. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Berat jenis adalah perbandingan antara berat satuan volume dari suatu material terhadap berat air terhadap volume yang sama pada suhu tertentu. Nilai berat jenis agregat halus masing – masing material dapat berbeda,

sehingga dilakukan penyetaraan volume dengan nilai berat jenis tersebut agar campuran mendapatkan volume yang sama. Penyerapan air merupakan kemampuan bahan untuk menyerap air yang masuk melalui pori atau rongga yang ada pada agregat. Agregat yang mempunyai pori atau rongga yang kecil menyebabkan kebutuhan aspal lebih sedikit karena nilai penyerapannya semakin kecil. Tekstur permukaan dari pasir Tenggara lebih halus karena faktor gejala alam yang terjadi, yaitu erosi sungai. Pada pengujian ini hasil berat jenis untuk agregat halus Clereng sebesar 2,655 dan penyerapannya 2,349%, sedangkan agregat halus Pasir Tenggara memiliki berat jenis 2,533 dan penyerapannya sebesar 1,797%. Nilai berat jenis dan penyerapan air ini memenuhi Spesifikasi Bina marga 2010 yang disyaratkan yaitu $> 2,5$ dan penyerapannya maksimal sebesar 3%.

e. *Sand Equivalent*

Pengujian *Sand Equivalent* dilakukan untuk mengetahui kebersihan dari agregat halus, jika agregat halus mengandung lumpur atau debu maka ketika dalam pencampuran tersebut aspal tidak bisa mengikat agregat halus. Adapun hasil pengujian *sand equivalent* agregat Clereng didapatkan nilai 93,155% dan agregat halus Pasir Tenggara didapatkan nilai 95,536% yang mana memenuhi Spesifikasi Umum Bina marga 2010 yaitu $> 50\%$.

f. Adapun hasil pengujian berat jenis *filler* abu batu Clereng yang digunakan sebesar 2,553.

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh mengacu pada persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010, Revisi 3. Pengujian menggunakan aspal Pertamina Pen 60/70. Adapun hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 5.4 sebagai berikut ini dan Tabel hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1 sampai Lampiran 8.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,031	Memenuhi
2	Penetrasi	60-70	61,3	Memenuhi
3	Daktilitas	≥ 100	164	Memenuhi
4	Titik Lembek	≥ 48	48	Memenuhi
5	Titik Nyala	≥ 232	281	Memenuhi
6	Titik Bakar	≥ 232	293	Memenuhi
7	Kelarutan pada <i>TCE</i>	≥ 99	99	Memenuhi

a. Berat jenis aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan anatar berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada temperatur tertentu. Adapun berat jenis aspal yang sudah di uji yaitu sebesar 1,031 untuk aspal Pertamina Pen 60/70, aspal tersebut memenuhi spesifikasi Bina marga 2010 yaitu $\geq 1,00$.

b. Penetrasi aspal

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal dengan beban dan waktu pada suhu tertentu Adapun nilai penetrasi aspal Pertamina Pen 60/70 yang diuji adalah 61,3 mm memenuhi persyaratan spesifikasi Bina marga 2010 yaitu minimal 60 mm, aspal dengan penetrasi rendah akan cocok digunakan pada daerah dengan suhu panas atau lalu lintas dengan volume tinggi dan sebaliknya untuk aspal dengan penetrasi tinggi.

c. Daktilitas

Pengujian daktilitas digunakan untuk melihat kekuatan kohesi pada aspal, apabila tarikan tidak mecapai 100 cm maka dikhawatirkan bahan tidak mempunyai kelenturan cukup dan cenderung putus atau retak. Adapun hasil pengujian daktilitas aspal Pertamina Pen 60/70 menghasilkan nilai daktilitas sebesar 164 cm sehingga memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 100 cm.

d. Titik Nyala

Pengujian titik nyala dimaksudkan untuk mengetahui pada suhu berapa aspal mulai menyala dan aspal mulai memercikkan api. Adapun hasil pengujian titik nyala aspal Pertamina Pen 60/70 menunjukkan nilai sebesar 281°C sehingga memenuhi persyaratan spesifikasi Bina marga 2010 yaitu $> 232^{\circ}\text{C}$.

e. Titik Bakar

Pengujian titik bakar aspal dimaksudkan untuk menunjukkan batas temperatur dimana aspal mulai menimbulkan api yang terlihat menyala ± 5 detik pada permukaan aspal. Hasil pengujian titik bakar aspal Pertamina pen 60/70 telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu $> 232^{\circ}\text{C}$ dengan nilai hasil pengujian sebesar 293°C .

f. Kelarutan Dalam *TCE*

Pengujian kelarutan dalam *TCE* dimaksudkan untuk melihat aspal yang digunakan banyak mengandung bahan/mineral lain selain aspal atau tidak. Semakin besar persentase kelarutannya maka semakin kecil kandungan mineral lainnya yang dapat mengganggu ikatan aspal dengan batuan. Adapun hasil pengujian kelarutan dalam *TCE* aspal Pertamina Pen 60/70 adalah sebesar 99% sehingga memenuhi persyaratan spesifikasi Bina marga 2010 yaitu sebesar $> 99\%$.

g. Titik Lembek

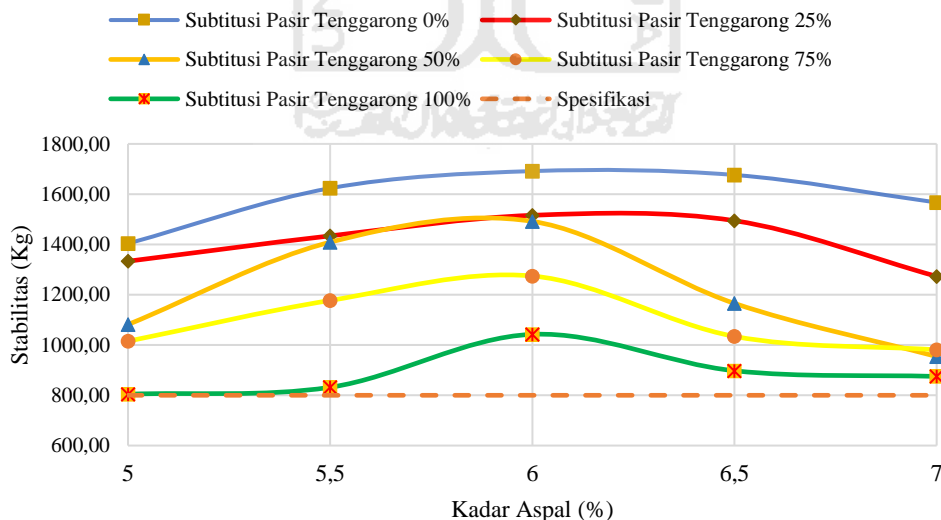
Pengujian titik lembek dimaksudkan untuk mengetahui batas temperatur saat aspal mulai menjadi lunak atau lembek. Adapun hasil pengujian aspal Pertamina Pen 60/70 menunjukkan titik lembek sebesar 48°C , titik lembek aspal Pertamina Pen 60/70 memenuhi persyaratan spesifikasi Bina marga 2010 yaitu $\geq 48^{\circ}\text{C}$. Aspal dengan titik lembek yang tinggi sangat cocok untuk daerah dengan kondisi panas.

5.1.3 Hasil Pengujian Campuran AC-WC Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Pengujian yang dilakukan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Penentuan kadar aspal optimum pada campuran AC-WC menggunakan parameter *Marshall* yaitu Stabilitas, *Flow*, *VITM*, *VMA*, *VFWA*, *Marshall Quotient* dan *Density*. Adapun pembahasan hasil pengujian dibuat setiap variasi Agregat Halus yang di substitusi yaitu 0% Variasi, 25% Variasi, 50% Variasi, 75% Variasi, dan 100% Variasi dapat dilihat sebagai berikut.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti alur dan gelombang sampai terjadinya kelelahan plastis. Nilai stabilitas semakin naik hingga mencapai kadar optimum lalu akan turun akibat bertambahnya berat aspal. Grafik nilai stabilitas untuk mencari kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



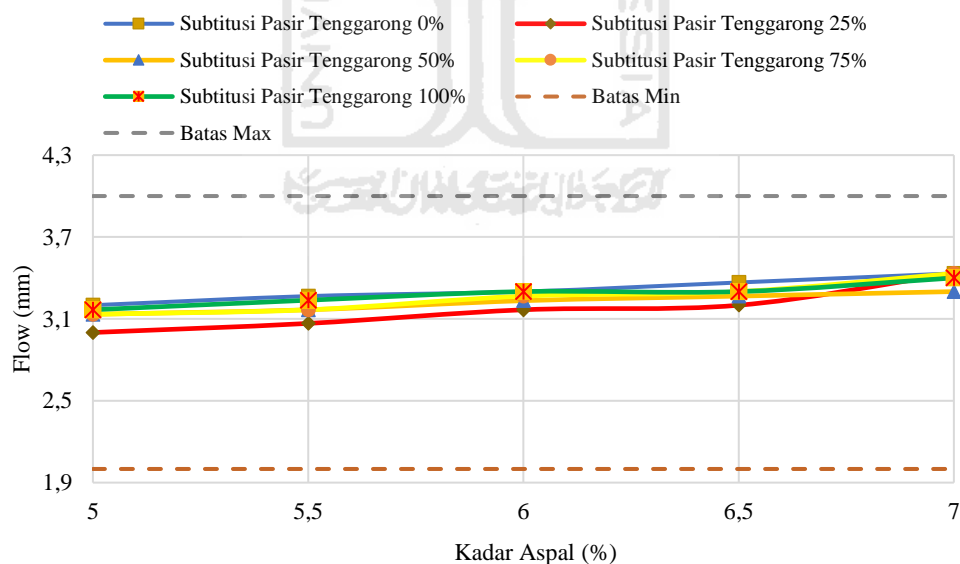
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.1 diatas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran AC-WC semakin meningkat seiring dengan bertambahnya

kadar aspal sampai pada kondisi tertentu selanjutnya nilai semakin menurun, penurunan terjadi setelah melalui kondisi kadar optimumnya. Nilai stabilitas menurun dikarenakan jumlah aspal yang terlalu banyak, sehingga aspal yang fungsinya sebagai pengikat antar agregat berubah fungsinya menjadi pelicin setelah melewati kondisi optimum. Hubungan dari penambahan kadar aspal dan penambahan variasi substitusi kadar pasir Tenggarong semakin bertambahnya kadar aspal maka dibutuhkan kadar aspal yang semakin sedikit. Secara umum nilai stabilitas campuran AC-WC dengan substitusi pasir Tenggarong mengalami penurunan.

2. Kelelehan (*Flow*)

Flow (Kelelehan) merupakan perubahan bentuk dari suatu campuran aspal yang terjadi akibat adanya beban sampai batas runtuh. Nilai *flow* yang rendah menimbulkan campuran akan cenderung mudah mengalami retak, sebaliknya apabila nilainya besar akan mudah berdeformasi. Grafik nilai *flow* untuk mencari kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



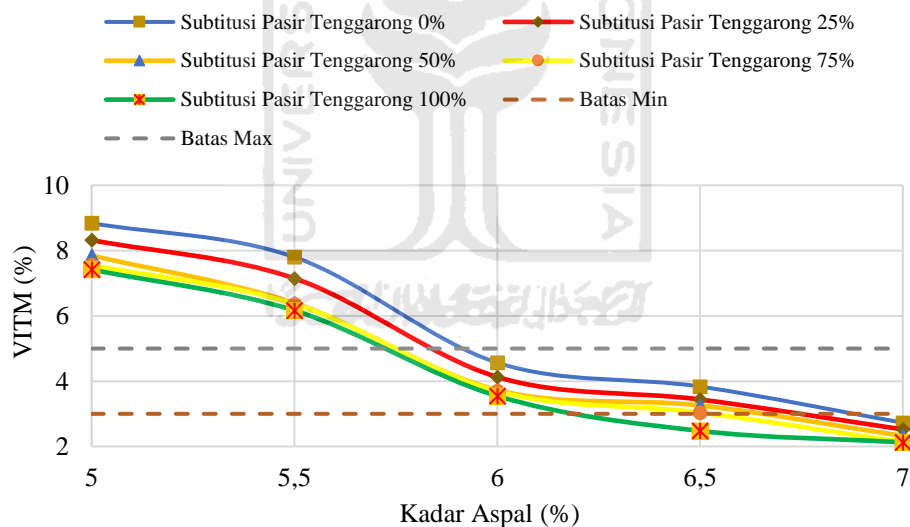
Gambar 5.2 Grafik Hubungan *Flow* dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70

Dari grafik pada Gambar 5.2 dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai kadar aspal, nilai *flow* akan mengalami peningkatan. Hasil nilai *flow* campuran AC-

WC menunjukkan bahwa semakin besar persentase substitusi pasir Tenggarong yang digunakan dalam campuran maka nilai *flow* akan semakin tinggi. Nilai *flow* yang meningkat diakibatkan karena meningkatnya kadar aspal pada campuran sehingga campuran akan menjadi plastis yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi plastis). Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa substitusi agregat halus pasir Tenggarong 0% memiliki nilai *flow* paling rendah dan terus meningkat hingga pada kadar pasir Tenggarong 100%.

3. *Void in Total Mix (VITM)*

Void in total mix adalah persen rongga terhadap agregat yang dinyatakan dalam bilangan bulat. Semakin tinggi nilai *VITM* menyebabkan durabilitas menurun dan kemungkinan *bleeding* menjadi besar. Adapun grafik nilai *VITM* dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



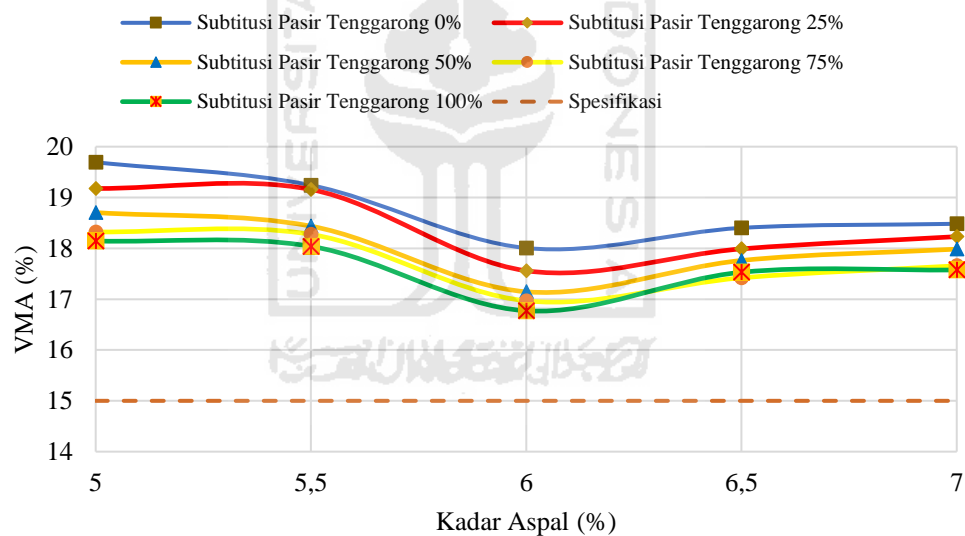
Gambar 5.3 Grafik Hubungan *VITM* dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar aspal yang digunakan, maka nilai *VITM* pada campuran AC-WC dengan bahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 mengalami penurunan. Secara umum, grafik pada campuran AC-WC yang menggunakan pasir Tenggarong mempunyai nilai *VITM* yang lebih rendah dibandingkan campuran AC-WC

yang menggunakan agregat halus Clereng. Nilai *VITM* yang semakin rendah membuat rongga yang terdapat pada campuran semakin kecil yang menyebabkan campuran menjadi kedap terhadap air dan udara serta dapat menimbulkan terjadinya *bleeding*. Hasil pengujian *VITM* pada berbagai variasi KAO tidak semuanya masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2010, yaitu diantara 3-5%. Variasi kadar aspal mulai memenuhi spesifikasi diantara 5,8% sampai 6,5% kadar aspal.

4. *Void in Mineral Aggregate (VMA)*

Void in mineral aggregate merupakan jumlah pori yang ada di antara butir-butir agregat di dalam campuran padat yang dinyatakan dalam persen. Nilai *VMA* akan meningkat jika selimut aspal tebal. Adapun grafik nilai *VMA* dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.



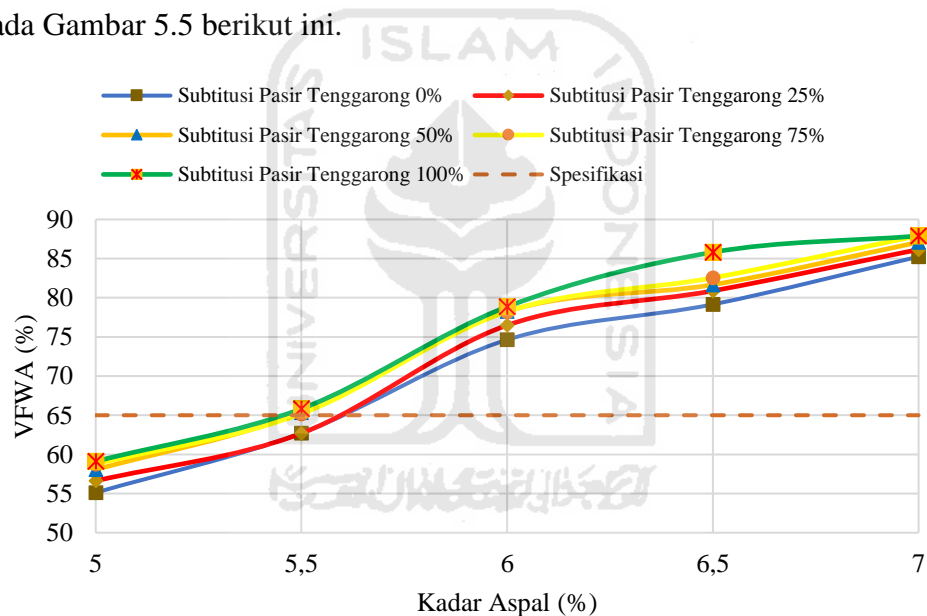
Gambar 5.4 Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.4 dapat diketahui bahwa nilai *VMA* akan mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar aspal dan mulai meningkat setelah mencapai batas optimum. Hal ini dikarenakan aspal selain berfungsi sebagai bahan ikat juga berfungsi sebagai bahan pelicin pada saat pemadatan sehingga dapat membantu agregat menempati posisinya sedemikian sehingga campuran menjadi rapat, yang ditandai dengan penurunan nilai *VMA*. Nilai

VMA dipengaruhi oleh gradasi agregat, ukuran agregat, jumlah tumbukan, dan kadar aspal. Dari hasil pengujian bahwa nilai *VMA* campuran *AC-WC* dengan substitusi 0% sampai dengan 100% telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 15\%$.

5. *Void Filled with Asphalt (VFWA)*

Void filled with asphalt merupakan volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal setelah proses pemadatan. Semakin besar nilai *VFWA* maka semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal sehingga kedekatan terhadap air dan udaranya tinggi, tetapi sebaliknya jika nilai *VFWA* rendah maka kedekatannya terhadap air dan udara juga rendah. Adapun grafik nilai *VFWA* dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini.



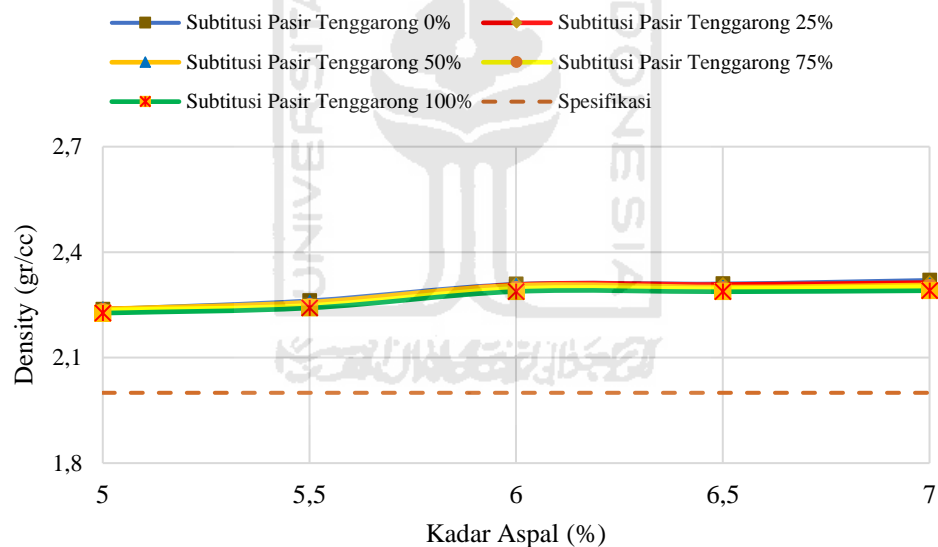
Gambar 5.5 Grafik Hubungan *VFWA* dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70

Dilihat dari grafik pada Gambar 5.5 dapat diketahui bahwa semakin banyak penambahan kadar aspal maka nilai *VFWA* akan semakin besar, hal ini dikarenakan aspal yang mengisi rongga akan semakin banyak. Dalam grafik terlihat bahwa pada kadar aspal yang sama, campuran *AC-WC* yang menggunakan substitusi pasir Tenggarong memiliki nilai *VFWA* yang lebih besar dibandingkan dengan campuran *AC-WC* dengan agregat halus clereng. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai *VFWA* semakin kedap

campuran terhadap air dan udara. Hasil pengujian *VFWA* sebelum KAO tidak semuanya masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2010, yaitu $> 65\%$. Variasi kadar aspal mulai memasuki spesifikasi pada kadar aspal 5,5% substitusi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.

6. Kepadatan (*Density*)

Kepadatan merupakan nilai berat volume untuk menunjukkan kepadatan dari campuran. Semakin besar kadar aspal yang digunakan dalam campuran maka tingkat kepadatan dan kerapatannya semakin tinggi, dikarenakan jumlah aspal yang semakin besar yang dapat mengisi rongga antar butir. Nilai kepadatan (*density*) dipengaruhi beberapa faktor diantaranya gradasi bahan, temperatur pemadatan, jumlah pemadatan dan penggunaan kadar aspal dalam campuran. Adapun grafik nilai kepadatan dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut ini.



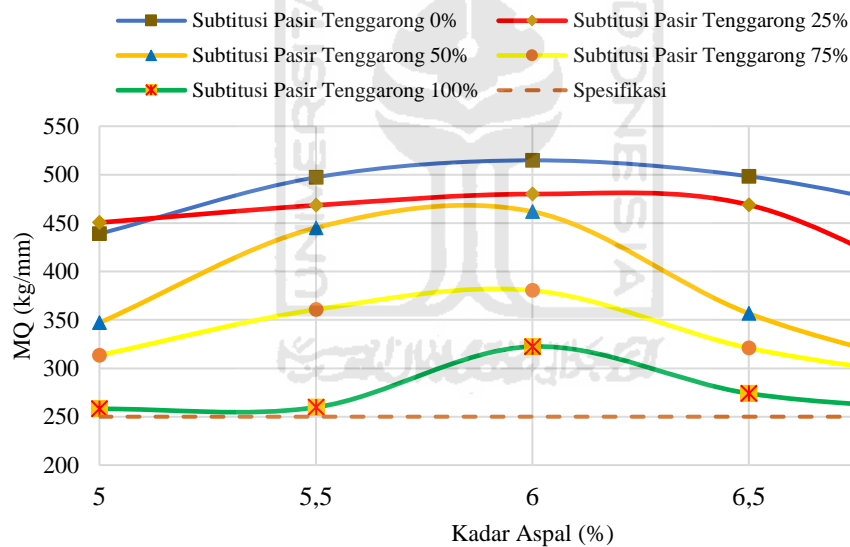
Gambar 5.6 Grafik Hubungan *Density* dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.6 di atas dapat diketahui nilai *density* pada campuran AC-WC mempunyai perubahan yang tidak signifikan seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena semakin besarnya kadar aspal maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir sama besarnya, sehingga campuran menjadi padat dan kedap air. Pada campuran AC-WC dengan penambahan pasir Tenggara menunjukkan bahwa nilai *density*

memiliki kenaikan nilai *density* yang tidak signifikan akibat adanya pengaruh agregat halus pasir Tenggarong. Dari hasil pengujian, diketahui dengan substitusi pasir Tenggarong 0% sampai 100% untuk nilai *density* telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010, dengan nilai minimal 2 gr/cc.

7. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *MQ* menunjukkan kelenturan (fleksibilitas) dari campuran agregat aspal, semakin kecil nilai *MQ* maka campuran akan semakin lentur tetapi cenderung kurang stabil, dan sebaliknya jika semakin besar nilai *MQ* maka campuran akan semakin kaku dan memiliki kelenturan yang rendah. Adapun grafik nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.



Gambar 5.7 Grafik Hubungan Marshall Quotient dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70

Dari grafik pada Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa semakin besar kadar aspalnya, maka nilai *MQ* semakin rendah dikarenakan kadar aspal yang semakin banyak menyebabkan nilai *flow* yang semakin meningkat. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa pada campuran kadar aspal 6% sifat campuran kaku karena memiliki stabilitas yang tinggi dan *flow* yang rendah, sedangkan pada kadar aspal 7% nilai stabilitas yang kecil diiringi dengan nilai *flow* yang tinggi

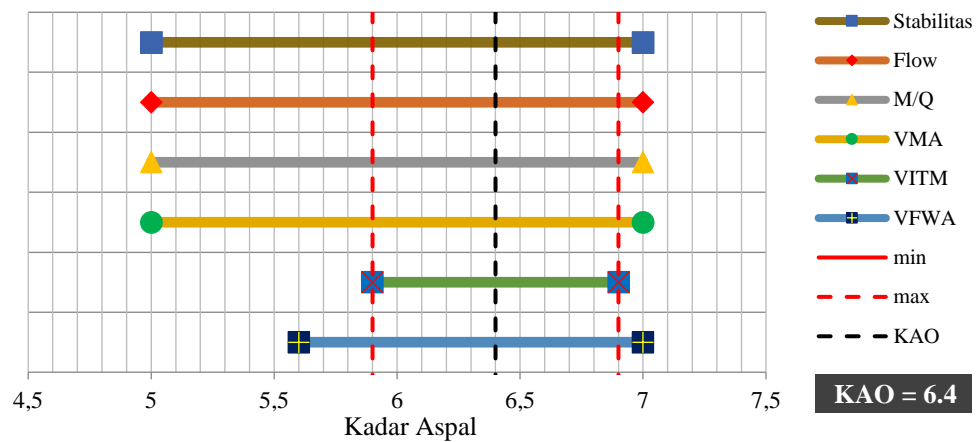
menjadikan nilai *MQ* rendah dengan sifat fleksibel dan kurang stabil. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai *MQ* adalah bentuk agregat, tekstur permukaan, gradasi agregat, temperatur dan jumlah pemadatan. Nilai *MQ* dari keseluruhan kadar aspal baik telah memenuhi persyaratan minimum spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu 250 kg/mm.

Adapun rekapitulasi data yang dihasilkan dari penentuan Kadar Aspal Optimum diatas yang meliputi Stabilitas (*Stability*), Kelelahan (*Flow*), *VITM* (*Void in Total Mix*), *VFWA* (*Void Filled with Asphalt*), *VMA* (*Void in Mineral Agregate*), Kepadatan (*density*) dan *MQ* (*Marshall Quotient*) dapat dilihat pada Tabel 5.5 sampai 5.9 berikut ini.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan KAO pada Variasi 0% Aspal Pertamina Pen 60/70

Kadar Aspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	1403,74	3,20	438,90	8,84	55,12	19,16	2,238
5,5	1623,73	3,27	497,16	7,80	62,73	19,24	2,262
6	1691,85	3,30	514,73	4,57	74,64	18,01	2,309
6,5	1676,48	3,37	498,32	3,84	79,16	18,40	2,310
7	1566,6	2,73	456,31	2,73	85,25	18,48	2,320
BINA MARGA	800	> 2-4	> 250	> 3-5	> 65	> 15	> 2

Berikut adalah grafik penentuan kadar aspal optimum variasi agregat 0% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini.



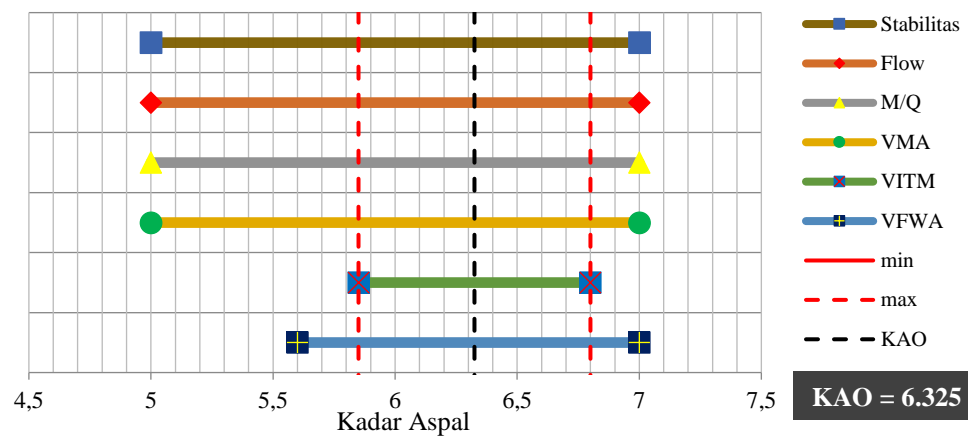
Gambar 5.8 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 0% Aspal Pertamina Pen 60/70

Berikut adalah tabel penentuan kadar aspal optimum variasi agregat 25% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan KAO pada Variasi 25% Aspal Pertamina Pen 60/70

Kadar Aspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	1333,23	3,00	450,45	8,32	56,62	19,18	2,238
5,5	1434,10	3,07	468,30	7,15	62,69	19,16	2,251
6	1516,02	3,17	479,91	4,13	76,49	17,56	2,307
6,5	1494,50	3,20	468,76	3,44	80,88	17,99	2,308
7	1273,05	3,43	371,99	2,52	86,16	18,23	2,313
BINA MARGA	800	> 2-4	> 250	> 3-5	> 65	> 15	> 2

Berikut adalah grafik penentuan kadar aspal optimum variasi agregat 25% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



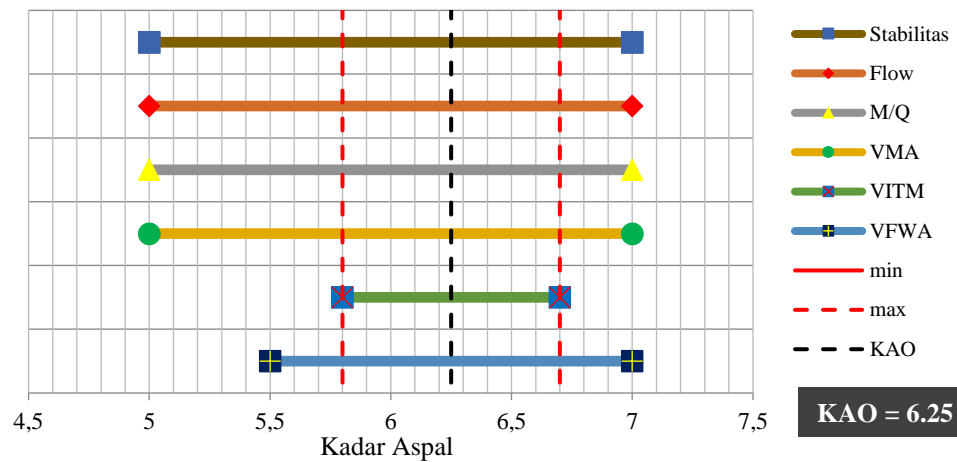
Gambar 5.9 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 25% Aspal Pertamina Pen 60/70

Berikut adalah tabel penentuan kadar aspal optimum variasi agregat 50% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall untuk Menentukan KAO pada Variasi 50% Aspal Pertamina Pen 60/70

Kadar Aspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	1081,44	3,13	347,06	7,85	58,05	18,70	2,238
5,5	1409,01	3,17	445,04	6,39	65,34	18,44	2,257
6	1491,78	3,23	461,82	3,73	78,26	17,15	2,305
6,5	1165,60	3,27	356,68	3,26	81,67	17,76	2,300
7	954,21	3,30	288,94	2,32	87,09	17,98	2,306
BINA MARGA	800	> 2-4	> 250	> 3-5	> 65	> 15	> 2

Berikut adalah grafik penentuan kadar aspal optimum variasi agregat 50% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini.



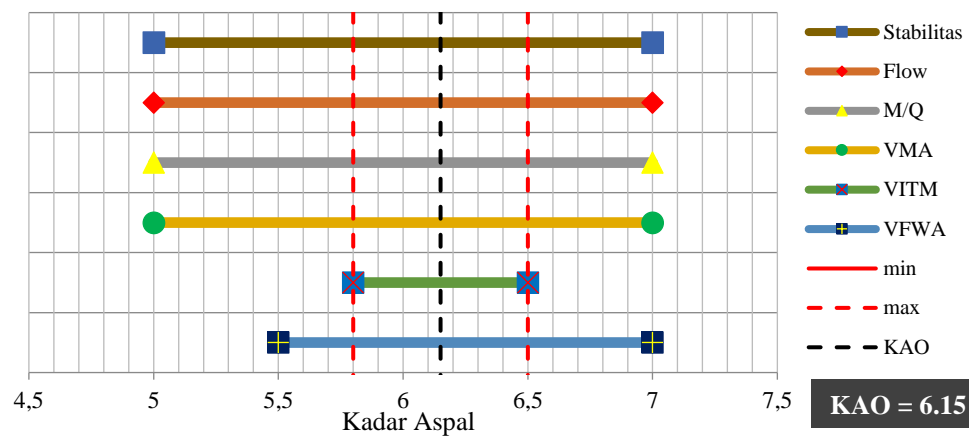
Gambar 5.10 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 50% Aspal Pertamina Pen 60/70

Berikut adalah tabel penentuan kadar aspal optimum variasi agregat 75% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan KAO pada Variasi 75% Aspal Pertamina Pen 60/70

Kadar Aspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	1015,10	3,13	324,18	7,56	58,77	18,32	2,235
5,5	1177,20	3,17	371,63	6,36	65,20	18,28	2,248
6	1274,52	3,27	390,10	3,69	78,24	16,97	2,296
6,5	1034,23	3,30	313,44	3,04	82,55	17,42	2,296
7	980,79	3,43	286,28	2,13	87,93	17,66	2,302
BINA MARGA	800	> 2-4	> 250	> 3-5	> 65	> 15	> 2

Berikut adalah grafik penentuan kadar aspal optimum variasi agregat 75% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini.



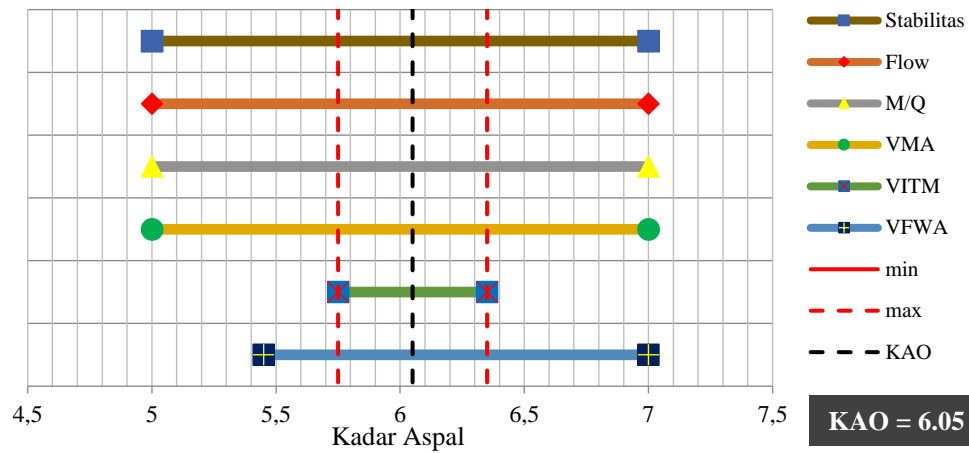
Gambar 5.11 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 75% Aspal Pertamina Pen 60/70

Berikut adalah tabel penentuan kadar aspal optimum variasi agregat 100% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan KAO pada Variasi 100% Aspal Pertamina Pen 60/70

Kadar Aspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	804,30	3,17	254,06	7,42	59,11	18,14	2,226
5,5	831,85	3,24	256,90	6,16	65,83	18,04	2,241
6	1042,50	3,30	315,91	3,55	78,86	16,77	2,288
6,5	897,54	3,30	272,38	2,48	85,81	17,53	2,287
7	875,02	3,40	257,29	2,13	87,90	17,57	2,290
BINA MARGA	800	> 2-4	> 250	> 3-5	> 65	> 15	> 2

Berikut adalah grafik penentuan kadar aspal optimum variasi agregat 100% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut ini.



Gambar 5.12 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 100% Aspal Pertamina Pen 60/70

5.1.4 Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum

Pada pengujian ini didapatkan nilai KAO sebanyak lima buah, masing - masing pada variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hasil rekapitulasi nilai KAO dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.10 Hasil Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum

Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum (%)	
Persen Substitusi Pasir Tenggarong (%)	Aspal Pertamina Pen 6070
0	6,4
25	6,325
50	6,25
75	6,15
100	6,05

Berdasarkan Tabel 5.10 diatas dapat dilihat bahwa besarnya nilai KAO semakin menurun seiring bertambahnya variasi substitusi agregat halus pasir Tenggarong. Nilai kadar aspal optimum menurun diakibatkan tekstur permukaan agregat halus pasir Tenggarong yang lebih halus dari Clereng dan penyerapan air

agregat halus pasir Tenggarong lebih rendah daripada agregat halus Clereng. Nilai penyerapan air pasir Tenggarong yang rendah mengakibatkan aspal yang dibutuhkan dalam campuran semakin sedikit seiring penambahan substitusi variasi agregat halus pasir Tenggarong.

5.1.5 Hasil Pengujian Campuran AC-WC Pada Kadar Aspal Optimum

Adapun hasil pengujian pada kadar aspal optimum (KAO) meliputi empat pengujian, yaitu pengujian *Marshall*, pengujian *Indirect Tensile Strength*, pengujian *Imersion 24 Jam*, dan pengujian Permeabilitas hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.11 sampai 5.14, selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 20 sampai Lampiran 23.

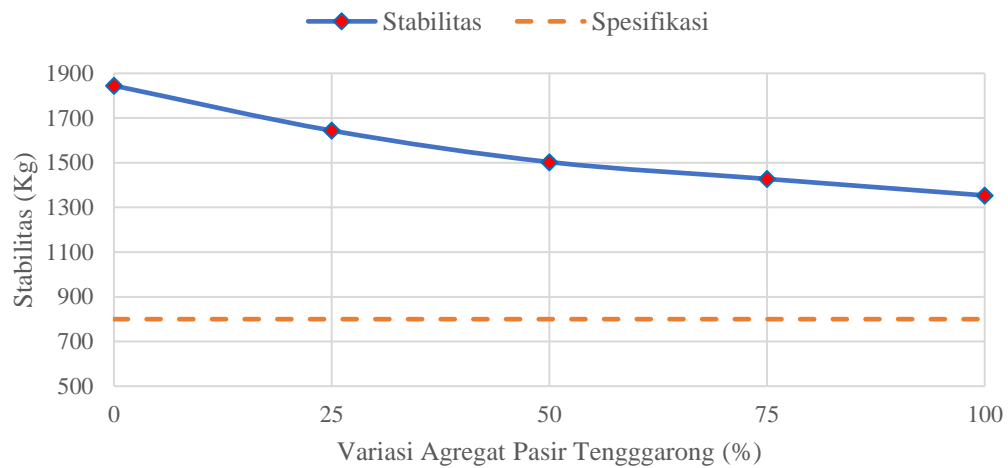
1. Hasil Pengujian dan Pembahasan *Marshall* Standar Pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70

Adapun hasil pengujian *marshall* standar pada KAO aspal Pertamina Pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 5.11 di bawah ini, selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 20.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian *Marshall* Standar pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70

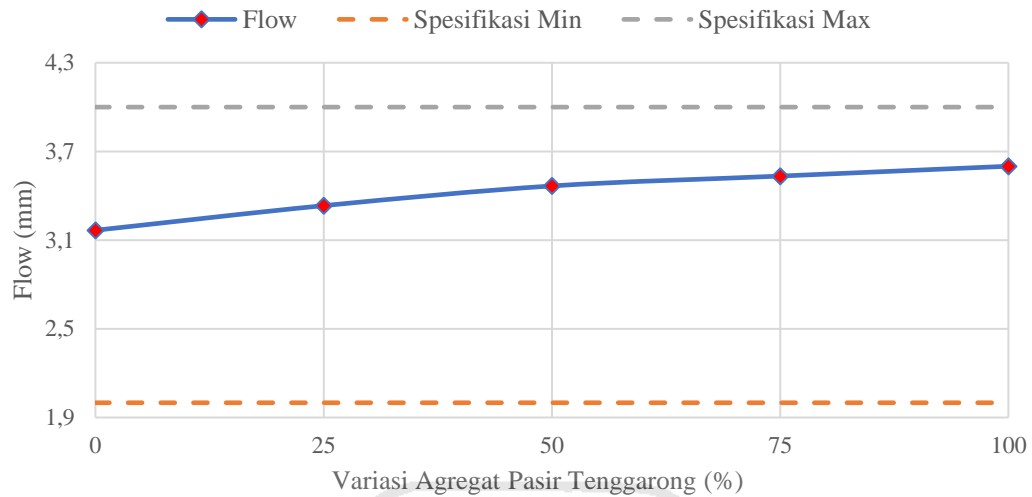
Variasi Substitusi Batuan (%)	Aspal Pertamina Pen 60/70						
	Stabilitas	Flow	MQ	VITM	VMA	VFWA	Density
0	1844,85	3,17	513,03	4,05	77,96	18,38	2,295
25	1643,92	3,33	465,73	3,93	78,21	18,06	2,298
50	1503,06	3,47	433,77	3,69	79,07	17,62	2,299
75	1427,52	3,53	428,34	3,36	80,32	17,06	2,302
100	1353,63	3,60	427,62	3,10	81,31	16,56	2,309

a. Stabilitas



Gambar 5.13 Grafik Stabilitas dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70

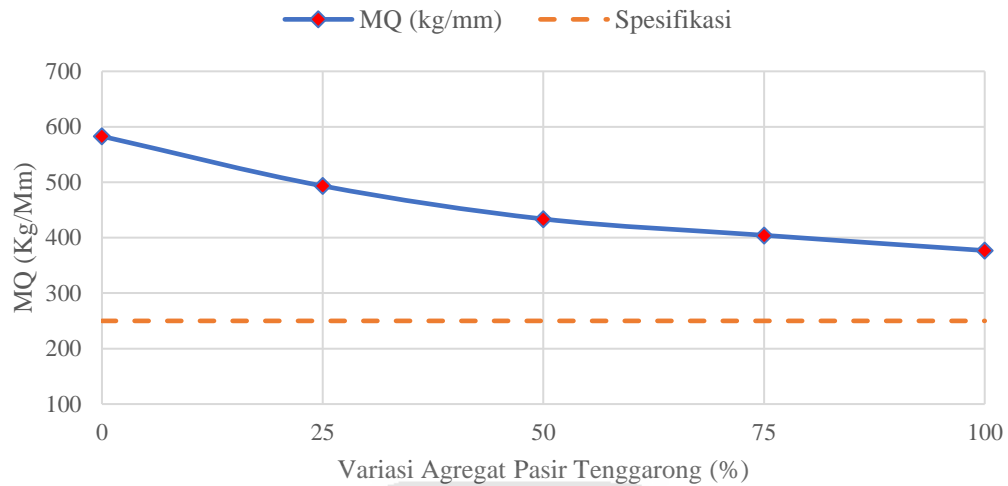
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.13 dapat diketahui bahwa nilai stabilitas pada campuran AC-WC pada variasi agregat mengalami penurunan. Penurunan nilai stabilitas dari variasi substitusi pasir Tenggaraong 0% sampai 100% karena keterikatan antar agregat semakin berkurang yang disebabkan oleh tekstur permukaan agregat halus pasir Tenggaraong yang lebih halus dan penyerapan air yang lebih kecil dibandingkan Clereng sehingga ikatan antar agregat dan aspal semakin menurun. Hal ini sejalan dengan penelitian Arifiardi, dkk (2016) bahwa campuran AC-WC dyang mennggunakan agregat halus pengganti dengan variasi 0%, 50% dan 100% memiliki nilai stabilitas yang cenderung menurun. Penurunan nilai stabilitas terjadi karena keterikatan antar agregat (*interlocking*) semakin berkurang karena tekstur dari agregat pengganti lebih halus dibanding agregat pasir non pantai.

b. *Flow*

Gambar 5.14 Grafik *Flow* dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.14 dapat dilihat bahwa nilai *flow* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya variasi substitusi agregat halus pasir Tenggarong dalam campuran AC-WC. Hal ini disebabkan tekstur permukaan pasir Tenggarong yang lebih halus dibandingkan dengan agregat halus Clereng dan penyerapan air dari agregat halus pasir Tenggarong yang kecil, sehingga aspal yang menyelimuti agregat menjadi lebih tebal. Sehingga kelelahan pada campuran tersebut meningkat dan kemampuan jalan untuk melendut dapat bertambah. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian Arifiardi, dkk (2016) bahwa campuran yang menggunakan variasi agregat halus pengganti yang digunakan 0%, 50% dan 100% mengalami penurunan nilai *flow* dengan bertambahnya jumlah substitusi agregat halus dalam campuran hal itu disebabkan oleh tekstur permukaan pasir pantai yang lebih kaku dibandingkan dengan pasir gunung. Sehingga nilai *flow* cenderung menurun.

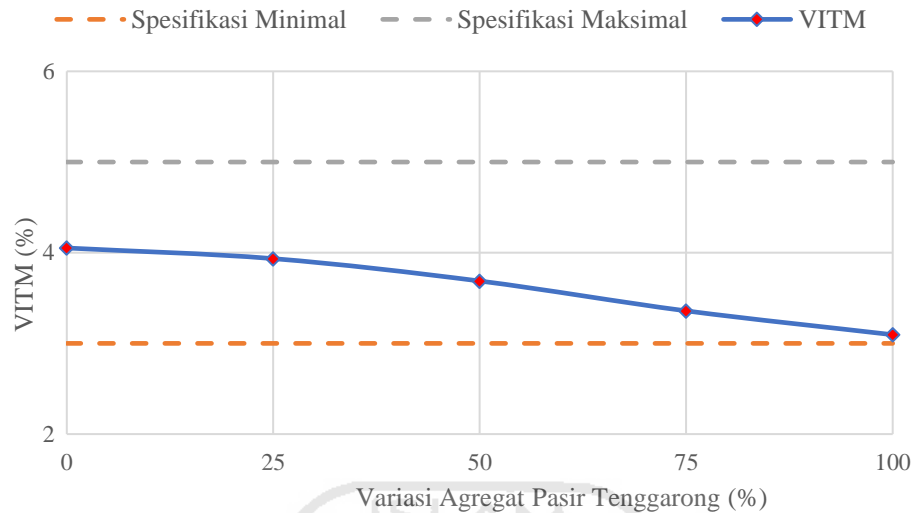
c. *Marshall Quotient*



Gambar 5. 15 Grafik *Marshall Quotient* dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70

Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki nilai stabilitas yang tinggi dengan tingkat kelelahan rendah yang dapat mengakibatkan campuran aspal menjadi lebih kaku dan mudah retak. Sebaliknya, nilai *MQ* yang rendah menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki nilai stabilitas rendah dengan tingkat kelelahan tinggi yang dapat mengakibatkan campuran aspal menjadi sangat plastis dan mudah mengalami deformasi. Hal itu disebabkan karena ikatan campuran agregat dan aspal yang menggunakan pasir Tenggarong kurang saling mengunci, sehingga tidak memiliki sifat kaku. Hal ini sejalan dengan penelitian Firmansyah (2017) bahwa campuran AC-WC dengan nilai stabilitas yang rendah dan *flow* yang tinggi mengakibatkan campuran memiliki kekakuan yang relatif rendah sehingga campuran cenderung bersifat plastis.

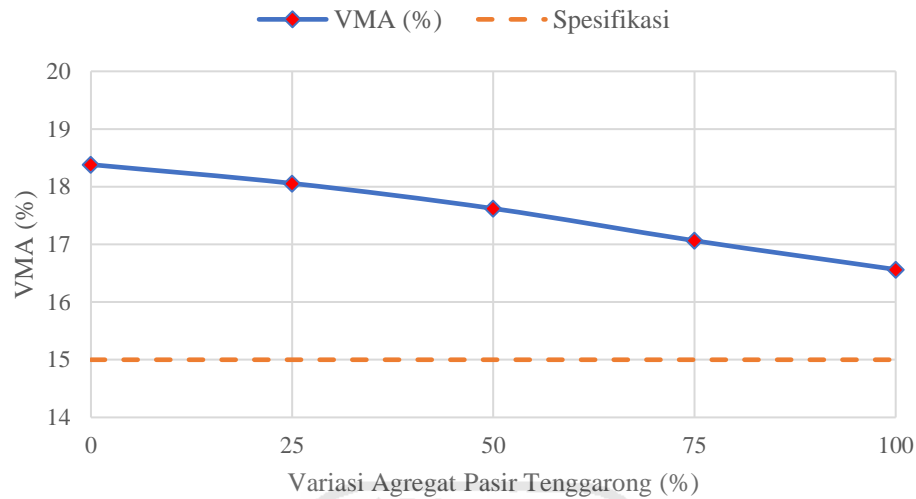
d. *Void in Total Mix*



Gambar 5. 16 Grafik VITM dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70

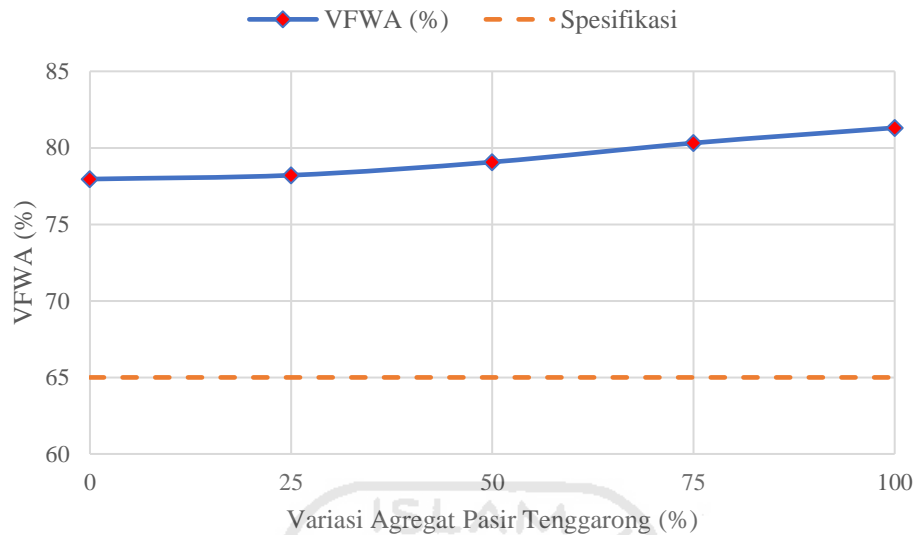
Dari grafik pada Gambar 5.16 bahwa nilai *VITM* pada campuran *AC-WC* mengalami penurunan dengan bertambahnya substitusi agregat halus pasir Tenggarong dari 0% hingga 100%. Kondisi tersebut dikarenakan oleh tekstur permukaan pasir Tenggarong yang lebih halus daripada Clereng dan agregat pasir Tenggarong yang tidak terlalu berpori menyebabkan selimut aspal menjadi lebih tebal. Penyerapan pada pasir Tenggarong yang lebih kecil daripada Clereng juga menyebabkan jumlah aspal yang diserap oleh agregat menjadi lebih sedikit dan membuat rongga dalam campuran semakin kecil. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian Rahayu (2018) hal tersebut terjadi karena serbuk batubata mempunyai permukaan yang lebih berpori menyebabkan aspal lebih banyak terserap. Dengan demikian menyebabkan selimut aspal menjadi lebih tipis dan melemahkan ikatan aspal dengan agregat, sehingga akan membuat rongga dalam campuran menjadi semakin besar.

e. *Void in Mineral Aggregate*



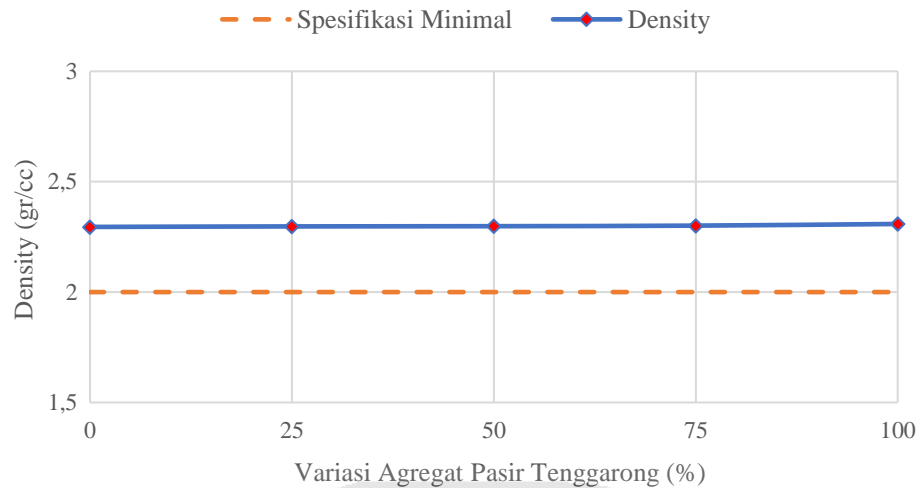
Gambar 5.17 Grafik VMA dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70

Dari grafik pada Gambar 5.17 nilai *VMA* pada campuran *AC-WC* mengalami penurunan seiring bertambahnya pasir Tenggarong pada variasi substitusi 0% hingga 100%. Hal dikarenakan oleh tekstur permukaan pasir Tenggarong yang lebih halus dari agregat halus Clereng sehingga aspal yang menyelimuti agregat menjadi lebih tebal dan penyerapan air pada pasir Tenggarong lebih kecil dibandingkan dengan agregat halus Clereng yang membuat rongga di antara agregat lebih kecil sehingga membuat campuran menjadi lebih rapat. Hal ini berbanding terbalik penelitian Arkan (2018) bahwa variasi agregat pada campuran yang digunakan mengalami kenaikan nilai *VMA*. Hal ini disebabkan bertambahnya substitusi membuat rongga antar agregat semakin besar yang artinya kerenggangan antar agregat semakin besar. Ini terjadi karena mempunyai pori-pori yang lebih besar membuat aspal terserap, sehingga *void* semakin besar.

f. *Void Filled with Asphalt*

Gambar 5.18 Grafik VFWA dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70

Dari grafik pada Gambar 5.18 kandungan rongga pada campuran AC-WC mengalami peningkatan dengan bertambahnya substitusi pasir Tenggarong pada campuran AC-WC dari 0% hingga 100%. Peningkatan nilai VFWA disebabkan oleh aspal yang mengisi rongga lebih banyak karena tekstur pada pasir Tenggarong yang halus dan penyerapan pasir Tenggarong yang rendah daripada Clereng membuat selimut aspal lebih tebal, sehingga rongga semakin sedikit. Hal ini sejalan dengan penelitian Rahayu (2018) bahwa hal tersebut berkaitan dengan tekstur pada butiran serbuk batubata yang halus menyebabkan aspal banyak mengisi pori pada butiran tersebut, sehingga butiran agregat lainnya minim mendapatkan lekatan dari aspal dan menyebabkan film aspal menjadi tipis.

g. *Density*

Gambar 5.19 Grafik *Density* dengan Kondisi KAO pada Variasi Agregat 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70

Dari grafik pada Gambar 5.19 nilai *density* pada campuran AC-WC mengalami peningkatan dengan bertambahnya pasir Tenggarong pengganti dari variasi substitusi 0% hingga 100%. Hal ini disebabkan oleh penyerapan pasir Tenggarong yang lebih kecil daripada Clereng yang membuat selimut aspal menjadi lebih tebal dan tekstur permukaan pasir Tenggarong yang lebih halus sehingga aspal lebih mudah menutupi permukaan agregat. Maka dari itu, kepadatan pada campuran cenderung meningkat. Hasil tersebut menunjukkan perbedaan dengan penelitian Hadiastari (2018) dengan penambahan variasi, maka aspal yang terserap juga semakin besar. Hal ini mengakibatkan jumlah rongga-rongga antar butiran semakin banyak, sehingga kepadatan campuran semakin berkurang.

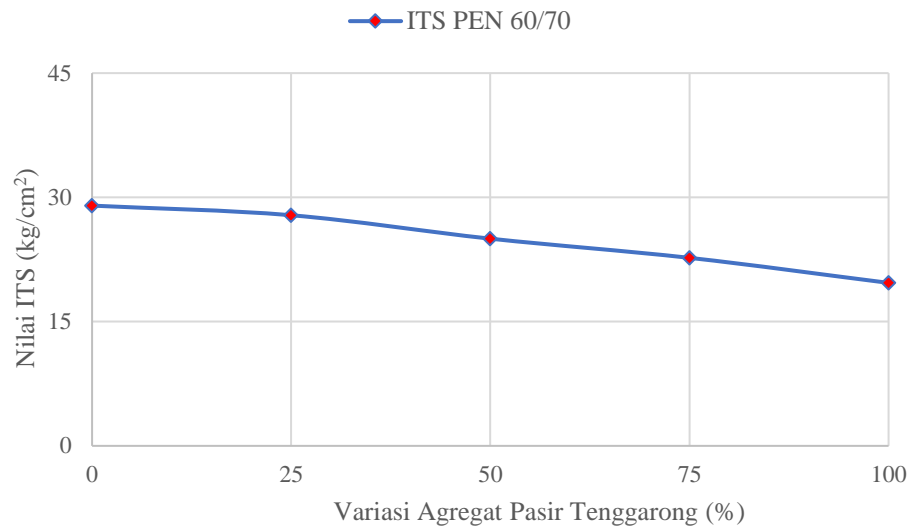
2. Hasil Pengujian dan Pembahasan *Indirect Tensile Strenght* Pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70

Adapun hasil pengujian *Indirect Tensile Strenght* pada keadaan KAO dapat dilihat pada Tabel 5.12 dibawah ini, dan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 22.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70

Pen 60/70	
Variasi Substitusi Agregat (%)	ITS (kg/cm ²)
0	29,01
25	27,84
50	25,01
75	22,70
100	19,68

Indirect Tensile Strength (ITS) adalah suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran beraspal akibat beban lalu lintas yang dihitung dari puncak beban. Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* juga bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak di lapangan. Hasil pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* terhadap substitusi pasir Tenggarong sebagai agregat halus pengganti dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut ini.



Gambar 5.20 Grafik ITS Pada Variasi Agregat Dengan Menggunakan Aspal Pen 60/70

Dari grafik pada Gambar 5.20 bahwa semakin besar substitusi pasir Tenggarong nilai ITS pada campuran AC-WC cenderung menurun dan menimbulkan keretakan yang lebih besar. Hal ini disebabkan semakin banyak substitusi pasir Tenggarong yang digunakan untuk campuran aspal sehingga pori yang ada di campuran semakin kecil tetapi campuran mudah lepas karena tarik dikarenakan tekstur permukaan pasir Tenggarong yang lebih halus daripada Clereng yang mengakibatkan menurunnya ikatan antar agregat dan aspal. Hal ini menunjukkan perbedaan dengan penelitian Nugraha (2019) semakin banyaknya substitusi agregat pengganti yang digunakan menyebabkan nilai ITS semakin naik dikarenakan keterikatan antar agregat pada campuran tersebut saling mengunci.

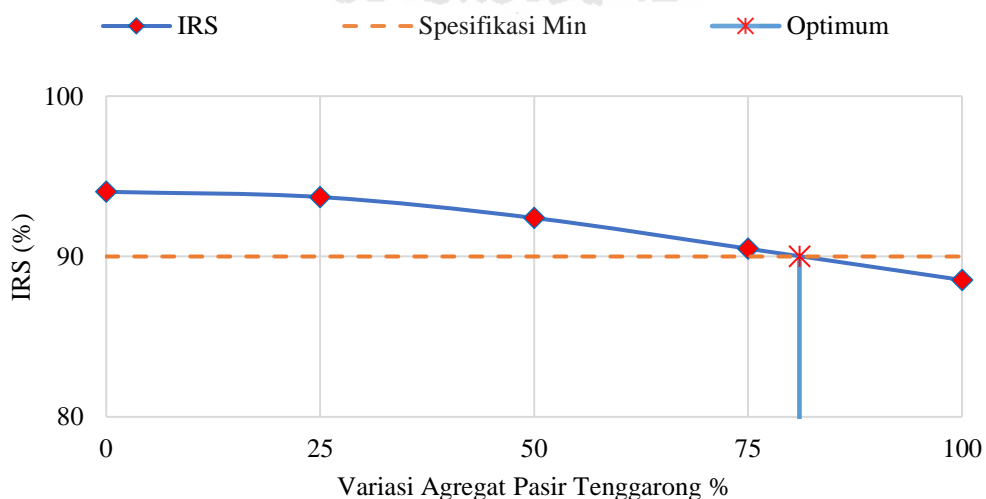
3. Hasil Pengujian *Imerrision* pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70

Adapun hasil pengujian *Imerrision* pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 5.13 di bawah ini, selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 21.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian *Immersion* pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70

Index of Retained Strength Pen 60/70			
Substitusi Agregat Halus (%)	Stabilitas 0,5 Jam	Stabilitas 24 Jam	Nilai IRS
0	1844,85	1734,78	94,033
25	1643,92	1540,48	93,708
50	1503,06	1388,88	92,403
75	1427,52	1291,72	90,487
100	1353,63	1198,45	88,535

Immersion test atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam *waterbath* yang berbeda. Dalam pengujian ini dilakukan perendaman di *waterbath* selama 24 jam. Berdasarkan Bina Marga 2010 nilai *Index Retained Strength* minimal adalah 90%. *Index of Retained Strength* adalah indeks tahanan sisa yang berasal dari proses perendaman. Nilai *IRS* dihitung dengan cara membandingkan nilai stabilitas perendaman selama 24 jam dengan stabilitas perendaman 0,5 jam. Nilai *IRS* dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut ini.

**Gambar 5.21 Grafik *IRS* Pada Variasi Agregat Dengan Menggunakan Aspal Pen 60/70**

Berdasarkan Gambar 5.21 di atas dapat dilihat bahwa nilai *IRS* cenderung menurun seiring dengan naiknya persen substitusi agregat halus pasir Tenggarong, dikarenakan bentuk agregat pasir Tenggarong yang lebih halus dari Clereng menyebabkan kurangnya adhesi atau ikatan antar agregat dan aspal pada campuran *AC-WC* ketika direndam lebih lama yang menyebabkan agregat mudah lepas dan nilai *IRS* cenderung menurun. Untuk variasi agregat 100% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu nilai *IRS* > 90%. Hal ini sejalan dengan penelitian Ramadhan dan Suparma (2018) bahwa campuran *AC-WC* yang menggunakan agregat pengganti dari variasi 0% sampai 100% mengalami penurunan dikarenakan infiltrasi air terhadap campuran yang direndam lebih lama dan meningkatnya proses oksidasi aspal yang mempercepat proses penuaan pada proses uji perendaman.

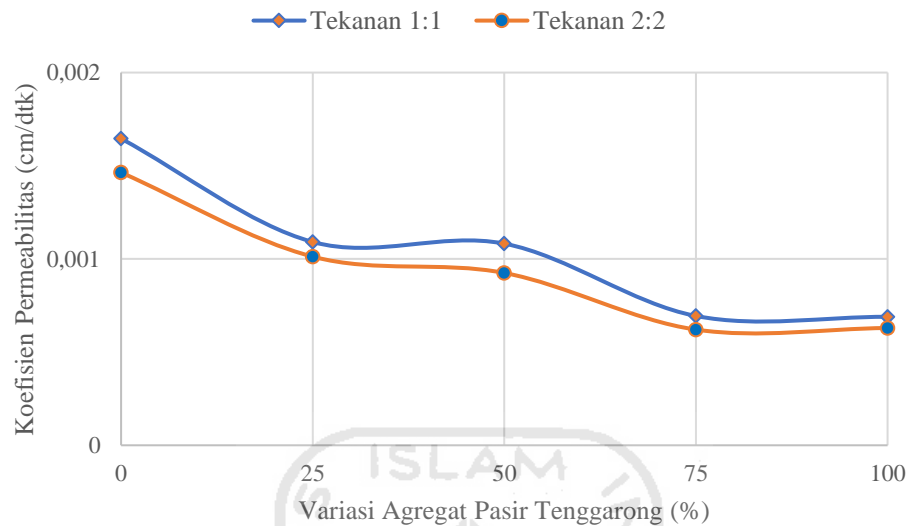
4. Hasil Pengujian Permeabilitas pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70
Adapun hasil pengujian Permeabilitas pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 5.14 di bawah ini, selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 23

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Permeabilitas pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70

Variasi Agregat	Tekanan Air		Kategori
	1:1	2:2	
0	0,001654	0,001463	Drainase Buruk
25	0,001910	0,001012	Drainase Buruk
50	0,001082	0,000924	Drainase Buruk
75	0,000693	0,000620	Drainase Buruk
100	0,000689	0,000630	Drainase Buruk

Permeabilitas adalah salah satu parameter untuk mengukur kemampuan struktur perkerasan aspal dalam menahan rembesan air yang dapat merusak lapisan perkerasan aspal. Air dan udara yang masuk ke dalam lapis perkerasan akan berpengaruh terhadap tingkat durabilitasnya. Pengujian permeabilitas yang dilakukan di Laboratorium Transportasi UGM menggunakan Tekanan 1.1 sebesar 1 kg/cm² dan Tekanan 2.2 sebesar 2 kg/cm². Hasil Pengujian

permeabilitas campuran AC-WC dapat dilihat dari grafik pada Gambar 5.22 berikut.

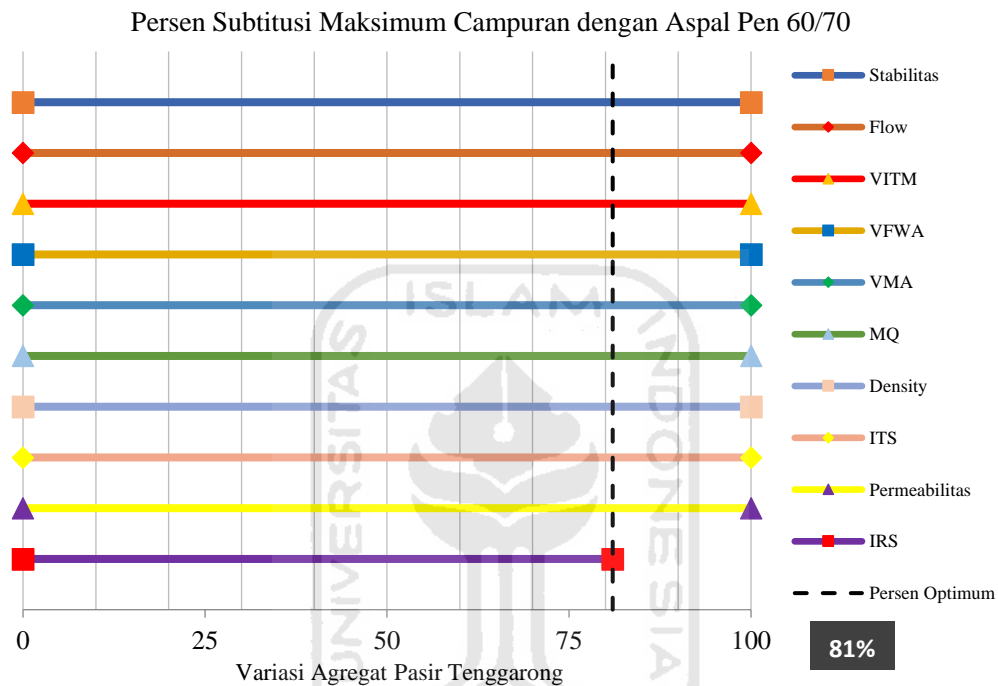


Gambar 5. 22 Grafik Permeabilitas Pada Variasi Agregat Dengan Menggunakan Aspal Pen 60/70

Berdasarkan Gambar 5.22 di atas dapat dilihat bahwa nilai permeabilitas cenderung menurun seiring dengan naiknya persen substitusi agregat halus pasir Tenggarong, dikarenakan agregat halus pasir Tenggarong memiliki permukaan lebih halus dari Clereng membuat selimut aspal menjadi lebih tebal disamping itu nilai *VITM* yang semakin kecil, sehingga rongga udara pada campuran AC-WC menjadi lebih kecil dan menyebabkan nilai permeabilitas semakin menurun. Berdasarkan kategori koefisien permeabilitas nilai tersebut masuk kedalam kategori drainase buruk Hal ini sebanding dengan penelitian Hadiastari (2018) menyatakan bahwa semakin kecil nilai *VITM* pada campuran aspal mengakibatkan nilai permeabilitas yang semakin kecil karena rongga udara yang semakin kecil.

5.1.6 Persentase Maksimum Substitusi Pasir Tenggarong Terhadap Agregat Halus

Setelah dilakukan serangkaian pengujian, maka didapatkan hasil persentase maksimum pasir Tenggarong pada campuran AC-WC dengan bahan ikat aspal Pen 60/70. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.23 berikut ini.



Gambar 5.23 Grafik Persentase Maksimum Substitusi Pasir Tenggarong dengan Bahan Ikat Pen 60/70

Berdasarkan Gambar 5.23 diatas, dapat dilihat bahwa persen substitusi maksimum pada campuran AC-WC dengan bahan ikat aspal pen 60/70 yang menggunakan agregat halus pasir Tenggarong sebesar 81%. Hal tersebut didapat karena grafik pada pengujian *immersion* variasi agregat yang memenuhi syarat hanya substitusi 0% sampai 75% dan bila ditarik garis tegak lurus pada grafik tersebut sesuai spesifikasi yang ditentukan didapat nilai sebesar 81%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari karakteristik campuran AC-WC dengan variasi agregat halus pasir Tenggarong sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap berat total agregat halus dengan menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70 dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari pengujian sifat fisik pasir Tenggarong menunjukkan bahwa nilai berat jenis pasir Tenggarong 2,553, nilai penyerapan air pada pasir Tenggarong sebesar 1,797% dan nilai pada pengujian *sand equivalent* pada pasir Tenggarong sebesar 95,536%. Hasil dari sifat fisik pasir Tenggarong memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan Bina Marga 2010 sehingga dapat digunakan sebagai pengganti dalam campuran aspal.
2. Nilai stabilitas, *flow*, *MQ*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *density* pada karakteristik *Marshall* memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan. Semakin bertambahnya nilai variasi pasir Tenggarong sebagai substitusi agregat halus, Nilai Stabilitas dan *MQ* mengalami penurunan setiap penambahan variasi pasir Tenggarong dari 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Nilai *flow* mengalami kenaikan seiring dengan penambahan variasi substitusi pasir Tenggarong. Nilai *VFWA* mengalami kenaikan setiap penambahan variasi pasir Tenggarong dari 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Nilai *VITM* dan nilai *VMA* mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi substitusi pasir Tenggarong. Semakin bertambahnya kadar variasi substitusi pasir Tenggarong sebagai agregat halus, kinerja campuran aspal mengalami penurunan.
3. Nilai *Indirect Tensile Strength (ITS)* dengan penggunaan variasi substitusi pasir Tenggarong sebagai pengganti agregat halus pada campuran AC-WC cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya variasi pasir Tenggarong. Penurunan ini mengindikasikan bahwa campuran mudah

mengalami retak karena campuran yang mudah lepas akibat tekstur permukaan pasir Tenggarong yang lebih halus daripada Clereng.

4. Nilai *IRS* pada campuran *AC-WC* dengan menggunakan variasi substitusi pasir Tenggarong sebagai agregat halus pengganti pada variasi substitusi 0%, 25%, 50%, dan 75% memiliki nilai *IRS* sesuai standar yang disyaratkan dan pada variasi 100% nilai *IRS* tidak memenuhi spesifikasi dari Bina Marga 2010. Syarat spesifikasi *IRS* Bina Marga 2010 yaitu minimum 90%. Penurunan nilai *IRS* pada penggunaan variasi substitusi 100% pasir Tenggarong menunjukkan bahwa kurangnya ketahanan campuran *AC-WC* terhadap pengaruh cuaca, suhu, air dan beban lalu lintas, sehingga, variasi substitusi pasir Tenggarong 100% tidak dapat digunakan.
5. Nilai permeabilitas pada campuran *AC-WC* dengan menggunakan variasi substitusi pasir Tenggarong sebagai pengganti agregat halus pengganti pada variasi substitusi mengalami penurunan dikarenakan rongga udara dalam campuran yang semakin kecil seiring bertambahnya substitusi pasir Tenggarong dan nilai koefisien permeabilitas pada campuran dikategorikan drainase buruk.

6.1 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari karakteristik campuran *AC-WC* dengan variasi agregat halus pasir Tenggarong sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap berat total agregat halus dengan menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70, maka penulis memberikan beberapa saran untuk peneliti selanjutnya, adapun saran dari peneliti sebagai berikut.

1. Pada campuran *AC-WC* persentase maksimum yang menggunakan pasir Tenggarong sebagai variasi substitusi agregat halus disarankan menggunakan substitusi maksimum sebesar 81% karena nilai tersebut masih masuk ke dalam spesifikasi Bina Marga 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifiardi, I., Hadi, W., & Purnomo, A. (2016). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus pada Lapisan Permukaan Aspal Beton terhadap Persyaratan Parameter Marshall . *Jurnal Menara Jurusan Teknik Sipil FT UNJ Volume XI - No. 1*.
- Arkan, N. (2018). Pemanfaatan Limbah Gerabah Kasongan Sebagai Pengganti Bahan Pengisi Pada Campuran Lapisan Ac-Wc. *Tugas Akhir UII*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum 2010 divisi 6*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Firmansyah, D. (2018). Pengaruh Penambahan Limbah Ban Karet Sebagai Bahan Tambah pada Campuran Ac- Wc Dengan Filler Gypsum. *Tugas Akhir UII*.
- Hadiastari, I. G. (2018). Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (Sma) 0/11 dengan Filler Abu Sekam Padi Akibat Lama Rendaman Air Laut. *Tugas Akhir UII*.
- Juliansyah, R. (2017). Penambahan Limbah Ban Karet Sebagai Additive untuk Mengatasi Penurunan Kinerja Campuran Superpave Akibat Rendaman Air Hujan. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Kasiati, E., Basuki, R., & Setiawan, D. (2015). Studi Alternatif Campuran Aspal Beton AC WC dengan Menggunakan Pasir Seruyan Kabupaten Seruyan Kalimantan Tengah. *Jurnal Aplikasi Volume 13, Nomer 1*.
- Nugraha, F. A., (2019). Karakteristik Marshall pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc) dengan Menggunakan Filler Limbah Beton. *Tugas Akhir UII*.
- Rahayu, H. M. (2018). Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt dengan Filler Serbuk Batu Bata Akibat Lama Rendaman Air Laut. *Tugas Akhir UII*.

- Ramadhan, G. B., & Suparma, L. B. (2018). Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa pada Laston AC-WC sebagai Pengganti Agregat Halus. *Jurnal HPJI Vol. 4 No. 2*, 91-104.
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *SNI 06-2432-1991 Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *SNI 06-2433-1991 Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *SNI 06-2434-1991 Metode Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *SNI 06-2438-1991 Metode Pengujian Kadar Aspal*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *SNI 06-2441-1991 Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2011). *Detail Cara uji Penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat aspal*. Badan Standar Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *SNI 06-2456-1991 Cara Uji Penetrasi Aspal*. Badan Standarisasi Nasional.
- Subagyo, J. (1997). *Metode Penelitian Dalam Teori dan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Yogyakarta: Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Penerbit Granit 2003.
- Syahrul. (2012). Perkerasan Campuran Aspal Beton (AC-Base) dengan Material Lokal Kutai Kartanegara. *Tugas Akhir*.
- Zakaria, H., & Fauziah, M. (2012). Optimasi Penggunaan Pasir Bengawan Solo Sebagai Agregat Halus pada Campuran AC-BC. *Jurnal Rekayasa Sipil, Vol. 2, No. 2*.

LAMPIRAN





Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2019

HASIL PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat Piknometer Kosong (gr)	12,1	11,9
2	Berat Piknometer + Aquadest (gr)	29,3	28,41
3	Berat Aquadest (gr) (2-1)	17,2	16,51
4	Berat Piknometer + Aspal (gr)	13,33	12,88
5	Berat Aspal (gr) (4-1)	1,23	0,98
6	Berat Piknometer + Aspal + Aquadest (gr)	29,35	28,43
7	Berat Aquadest (gr) (6-4)	16,02	15,55
8	Volume Aspal (gr) (3-7)	1,18	0,96
9	Berat Jenis Aspal (5/8)	1,0424	1,0208
10	Rata-Rata BJ Aspal	1,0316	

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 2 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4/TCE

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

Material : Aspal Pertamina Pen 60 / 70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu (°C)
1	Penimbangan	Mulai	10.30	27
2	Pelarutan	Mulai	10.40	27
3	Penyaringan	Mulai	10.43	27
		Selesai	10.55	27
4	Di Oven	Mulai	10.55	110
5	Penimbangan	Selesai	11.16	27

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat Erlen Mayer Kosong (gr)	68,87	73,49
2	Berat Erlen Mayer Kosong + Aspal (gr)	69,74	74,76
3	Berat Aspal (gr) (2-1)	0,87	1,27
4	Berat Kertas Saring Bersih (gr)	0,61	0,62
5	Berat Kertas Saring Bersih + Mineral (gr)	0,62	0,63
6	Berat Mineral (gr) (5-4)	0,01	0,01
7	Persentase Mineral (6/3 X 100%)	1,15	0,79
8	Aspal Yang Larut (100%-7)	98,85%	99,21%
9	Rata-Rata Aspal Yang Larut (100%)	99,03%	

Mengetahui
K. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (*DUCTILITY*) / RESIDUE

Material : Aspal Pertamina Pen 60 / 70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1	Persiapan Benda Uji	Aspal Dipanaskan	15 Menit	Suhu Pemanasan $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2	Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan Pada Suhu Ruang	60 Menit	Suhu Ruang $\pm 28^{\circ}\text{C}$
3	Perendaman Benda Uji	Direndam Dalam Waterbath Pada Suhu 25°C	60 Menit	Suhu Waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4	Pemeriksaan	Diuji Daktilitas Pada Suhu 25°C , Kecepatan 5 Cm Per Menit	20 Menit	Suhu Alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	164 cm	Tidak putus
2	Sampel 2	164 cm	Tidak putus

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar Aspal

PEMERIKSAAN TITIK NYALA & BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60 / 70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	12.00
	Selesai	145 °C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	145 °C	12.15
	Selesai	25 °C	12.20
3	Diperiksa		
	Mulai	35 °C	12.20
	Selesai	345 °C	12.45

HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda Uji 1	281 °C	293 °C

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60 / 70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	09.00
	Selesai	130 °C	09.30
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	130 °C	09.30
	Selesai	25 °C	11.00
3	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	11.00
	Selesai	25 °C	12.30

HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji		Sket Pengujian	
	1 (mm)	2 (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	63	64		
2	64	62		
3	62	63		
4	63	64		
5	63	63		
Rata2	63	63,2		

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60 / 70
Sumber : Pertamina, Cilacap
TanggalUji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	12.10
	Selesai	50 °C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	50 °C	12.15
	Selesai	25 °C	12.50
3	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	12.50
	Selesai	25 °C	10.34

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji 1	Benda uji 2	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	5 °C	333,15	333,15		
2	10 °C	292,51	292,51		
3	15 °C	182,13	182,13		
4	20 °C	170,41	170,41		
5	25 °C	113,9	113,9		
6	30 °C	148,57	148,57		
7	35 °C	146,27	146,27		
8	40 °C	149,45	149,45		
9	45 °C	134,26	134,26		
10	50 °C	125,65	125,65	48	48

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 7 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Agregat ukuran (1/4") dan (3/8")
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	12.10
	Selesai	150 °C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	150 °C	12.15
	Selesai	25 °C	12.50
3	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	12.50
	Selesai	25 °C	10.34

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	% Terselimuti Aspal	Keterangan
1	Benda Uji 1	98%	memenuhi
2	Benda Uji 2	98%	memenuhi
3	Rata-Rata	98%	memenuhi

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Clereng

PEMERIKSAAN BERAT *FILLER* CLERENG

Material : *Filler* Clereng
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat Piknometer kosong (gr)	12,04	11,84
2	Berat Piknometer + Aquadest (gr)	29,24	29,22
3	Berat Aquadest (gr)	17,2	17,38
4	Berat Piknometer + <i>Filler</i> (gr)	13,09	13,24
5	Berat <i>Filler</i> (gr)	1,05	1,4
6	Berat Piknometer + <i>Filler</i> + Aquadest (gr)	29,88	30,07
7	Berat Aquadest (gr)	16,79	16,83
8	Volume <i>Filler</i> (gr)	0,41	0,55
9	Berat Jenis <i>Filler</i>	2,561	2,545
10	Rata-rata Berat Jenis <i>Filler</i>	2,553	

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	1600,04	1619,27	1609,66
2	Berat Benda Uji Dalam Air (BA)	1001,14	1002,46	1001,80
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	1574,46	1591,42	1582,94
5	Berat Jenis ($Bulk$) = $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,629	2,580	2,605
6	Berat Jenis (SSD) = $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,672	2,625	2,648
7	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{BK-BA}$	2,746	2,702	2,724
8	Penyerapan Air = $\frac{BK}{BK-BA} \times 100\%$	1,625	1,750	1,687
9	Berat Cawan	128,09	257,18	
10	Berat Jenis Efektif = $(BJ Bulk + BJ Semu) / 2$	2,6875	2,6410	
11	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,6443		
12	Penyerapan Rata-rata	1,687		

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	500	500,05	500,025
2	Berat <i>Vicnometer</i> + Air (B)	685,37	664,71	675,04
3	Berat <i>Vicnometer</i> + Air + Benda Uji (BT)	996,90	973,44	985,17
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	488,21	488,83	488,52
5	Berat Jenis (<i>Bulk</i>) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,59	2,55	2,57
6	Berat Jenis (<i>SSD</i>) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,65	2,61	2,63
7	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,76	2,71	2,73
8	Penyerapan Air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	2,41	2,28	2,34
9	Berat Jenis Efektif = (BJ <i>Bulk</i> + BJ Semu) / 2	2,67	2,63	
10	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,65		

Mengetahui
Ks. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus Pasir Tenggara
Sumber : Tenggara, Kalimantan Timur
Tanggal Uji : 2019

No	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	500,05	500,45	500,25
2	Berat <i>Vicnometer</i> + Air (B)	650,29	650,32	650,305
3	Berat <i>Vicnometer</i> + Air + Benda Uji (BT)	951,74	952,06	951,9
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	491,29	491,05	491,17
5	Berat Jenis (<i>Bulk</i>) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,47	2,47	2,47
6	Berat Jenis (<i>SSD</i>) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,51	2,52	2,52
7	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,58	2,59	2,59
8	Penyerapan Air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	1,77	1,82	1,79
9	Berat Jenis Efektif = (BJ <i>Bulk</i> + BJ Semu) / 2	2,53	2,53	
10	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,533		

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 12 Pemeriksaan *Sand Equivalent*

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	
1	Persiapan dan Perendaman Benda Uji Dalam Larutan CaCl ₂ selama (± 10 menit)	Mulai	13,33	13,3
		Selesai	13,43	13,45
2	Waktu Pengendapan (Benda Uji setelah di gojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai	13,50	13,50
		Selesai	14	14,05
3	<i>Clay Reading</i> (Pembacaan Lumpur) Inchi		3,9	3,6
4	<i>Sand Reading</i> (Pembacaan Pasir)		3,6	3,3
5	$Sand\ Equivalent = \frac{Sand\ reading}{Clay\ reading} \times 100$		92,31%	91,67%
6	Rata-rata <i>Sand Equivalent</i> (%)		91,98%	

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 13 Pemeriksaan *Sand Equivalent*

PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT*

Material : Agregat Halus Pasir Tenggara
Sumber : Tenggara, Kalimantan Timur
Tanggal Uji : 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)	
		1	2
1	Persiapan dan Perendaman Benda Uji Dalam Larutan CaCl ₂ selama (\pm 10 menit)	Mulai	13,33
		Selesai	13,43
2	Waktu Pengendapan (Benda Uji setelah di gojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai	13,50
		Selesai	14
3	<i>Clay Reading</i> (Pembacaan Lumpur) Inchi	4,8	4,2
4	<i>Sand Reading</i> (Pembacaan Pasir)	4,6	3,8
5	$Sand\ Equivalent = \frac{Sand\ reading}{Clay\ reading} \times 100$	95,8%	90,5 %
6	Rata-rata <i>Sand Equivalent</i> (%)	93,155 %	

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153




Lampiran 14 Pemeriksaan Keausan Agregat

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (*ABRASI TEST*)

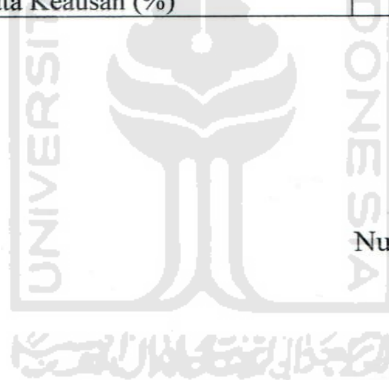
Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2019

No.	Jenis Gradasi		Seragam (<i>AC-WC</i>)	
	Saringan		Benda Uji	
	Lolos	Tertahan	1	2
1	25,4 mm 1 "	19 mm 3/4 "	2500	2500
2	19 mm 3/4 "	12,5 mm 1/2 "	2500	2500
3	12,5 mm 1/2 "	9,5 mm 3/8 "		
4	Jumlah Benda Uji (A) (gr)		5000	4711
5	Jumlah Tertahan Di <i>Sieve</i> 12(B) (gr)		4711	3752
6	Keausan = $(A-B)/A \times 100\%$ (%)		5,78	20,36
7	Rata-rata Keausan (%)		13,05	

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153





LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
J. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 880444 ext 3200, 3201
E. (0274) 895330
E. dehanat.fsp@uii.ac.id
W. fsp@uii.ac.id

Lampiran 15 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Tenggara 0%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari KAO VARIASI SUBSTITUSI PASIR TENGGARONG 0%

Tanggal Pengujian : 2019

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course

Dikerjakan Oleh : Nugrah Sentana

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G (gram)	Density	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFA (%)	N VTM (%)	O Mass	P	Q Kelemb	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (Kg/mm)
5A	65,80	5,26	5	1178,7	1189,3	663,75	525,55	2,243	2,455	10,877	80,474	8,650	19,53	55,70	8,65	70	1493,47	0,95	1414,22	3,3	428,55	
5B	64,92	5,26	5	1178,6	1188,3	660,78	527,53	2,234	2,455	10,835	80,169	8,996	19,83	54,64	9,00	68	1450,80	0,96	1399,42	3,2	437,32	
5C	69,23	5,26	5	1179,5	1189,4	662,18	527,19	2,237	2,455	10,850	80,276	8,874	19,72	55,01	8,87	75	1600,15	0,87	1397,57	3,1	450,83	
5,5A	65,59	5,82	5,5	1182,5	1189,3	667,75	521,51	2,267	2,437	12,096	80,932	6,972	19,07	63,44	6,97	80	1706,82	0,95	1622,87	3,20	507,15	
5,5B	63,63	5,82	5,5	1184,7	1193,3	668,85	524,49	2,259	2,437	12,049	80,618	7,333	19,38	62,17	7,33	83	1770,83	1,00	1765,07	3,30	534,87	
5,5C	67,31	5,82	5,5	1181,2	1191,2	668,97	522,26	2,262	2,437	12,065	80,723	7,212	19,28	62,59	7,21	76	1621,48	0,91	1483,25	3,30	449,47	
6A	66,07	6,38	6	1178,1	1184,8	674,39	510,39	2,308	2,420	13,433	81,95	4,617	18,05	74,42	4,62	81	1728,16	0,94	1627,60	3,40	478,71	
6B	63,67	6,38	6	1176	1182,5	673,59	508,89	2,311	2,420	13,448	82,045	4,507	17,95	74,90	4,51	85	1813,90	1,00	1805,79	3,10	582,51	
6C	66,81	6,38	6	1173,3	1179,4	671,29	508,07	2,309	2,420	13,439	81,987	4,575	18,01	74,60	4,57	83	1770,83	0,93	1642,15	3,40	482,98	
6,5A	63,94	6,95	6,5	1174,9	1179,8	670,98	508,81	2,309	2,403	14,557	81,543	3,900	18,46	78,87	3,90	76	1621,48	0,99	1603,78	3,20	501,18	
6,5B	63,15	6,95	6,5	1176,1	1181,6	672,5	509,05	2,310	2,403	14,566	81,591	3,844	18,41	79,12	3,84	83	1770,83	1,01	1786,32	3,40	525,39	
6,5C	64,10	6,95	6,5	1177,7	1182,7	673,36	509,3	2,312	2,403	14,578	81,659	3,762	18,34	79,49	3,76	78	1664,15	0,99	1639,33	3,50	468,38	
7A	63,86	7,53	7	1178	1182,4	674,78	507,61	2,321	2,386	15,756	81,513	2,731	18,49	85,23	2,73	77	1642,82	0,99	1627,89	3,50	465,11	
7B	63,70	7,53	7	1179,5	1183,8	675,9	507,89	2,322	2,386	15,768	81,578	2,654	18,42	85,60	2,65	73	1557,48	0,99	1549,56	3,40	455,75	
7C	65,52	7,53	7	1175	1179,9	673,21	506,68	2,319	2,386	15,745	81,46	2,794	18,54	84,93	2,79	75	1600,15	0,95	1523,44	3,40	448,07	

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung Dr. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
J. Kalurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
E. (0274) 895330
E. delanar.ftsp@uisu.ac.id
W. ftp@uisu.ac.id

Lampiran 16 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Tenggarong 25%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari KAO VARIASI SUBSTITUSI PASIR TENGGARONG 25%

Tanggal Pengujian : 2019

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course

Dikerjakan Oleh : Nugrah Sentana

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	VMA (%)	VFA (%)	VTD (%)	Maks	P	Korosis	Stabilitas (Gg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5A	64,58	5,26	5	1178,4	1188,4	663,25	525,12	2,244	2,442	10,882	81,004	8,113	19,00	57,29	8,11	68	1450,80	0,97	1411,63	3,10	455,36
5B	66,58	5,26	5	1173,3	1182,6	659,15	523,4	2,242	2,442	10,872	80,925	8,203	19,08	56,99	8,20	64	1365,46	0,93	1272,95	2,50	509,18
5C	66,49	5,26	5	1176,7	1186,4	658,76	527,66	2,230	2,442	10,815	80,503	8,682	19,50	55,47	8,68	66	1408,13	0,93	1315,10	3,40	386,80
								2,239					19,19	56,58	8,33				1288,23	3,00	450,45
5.5A	65,03	5,82	5,5	1175,2	1185,6	662,39	523,24	2,246	2,425	11,981	80,648	7,371	19,35	61,91	7,37	73	1557,48	0,96	1497,77	3,10	483,15
5.5B	66,86	5,82	5,5	1176,6	1186,5	663,46	523,07	2,249	2,425	12,000	80,774	7,226	19,23	62,42	7,23	71	1514,80	0,93	1402,58	2,90	483,65
5.5C	64,85	5,82	5,5	1173,1	1182,9	663,25	519,6	2,258	2,425	12,044	81,072	6,884	18,93	63,63	6,88	68	1450,80	0,97	1401,96	3,20	438,11
								2,251					19,17	62,65	7,16				1434,10	3,07	468,30
6A	67,28	6,38	6	1171,9	1178,8	671,64	507,2	2,311	2,407	13,447	82,532	4,021	17,47	76,98	4,02	76	1621,48	0,92	1484,47	3,00	494,82
6B	64,47	6,38	6	1173,4	1178,9	670,59	508,26	2,309	2,407	13,436	82,464	4,100	17,54	76,62	4,10	74	1578,81	0,98	1540,39	3,10	496,90
6C	63,84	6,38	6	1175,8	1180,4	670,03	510,36	2,304	2,407	13,408	82,291	4,301	17,71	75,71	4,30	72	1536,14	0,99	1523,21	3,40	448,00
								2,308					17,57	76,44	4,14				1516,02	3,17	479,91
6.5A	64,21	6,95	6,5	1173,5	1178,8	670,51	508,27	2,309	2,390	14,556	82,026	3,418	17,97	80,98	3,42	75	1600,15	0,98	1571,88	3,00	523,96
6.5B	63,72	6,95	6,5	1175,6	1180,9	671,75	509,13	2,309	2,390	14,558	82,039	3,404	17,96	81,05	3,40	71	1514,80	0,99	1506,47	3,30	456,51
6.5C	65,39	6,95	6,5	1179,6	1184,2	672,67	511,54	2,306	2,390	14,539	81,931	3,530	18,07	80,46	3,53	69	1472,13	0,95	1405,15	3,30	425,80
								2,308					18,00	80,83	3,45				1494,50	3,20	468,76
7A	63,36	7,53	7	1164,7	1168,2	665,17	502,99	2,316	2,374	15,722	81,832	2,446	18,17	86,53	2,45	60	1280,12	1,00	1284,70	3,60	356,86
7B	63,81	7,53	7	1173	1177,9	670,72	507,19	2,313	2,374	15,702	81,729	2,568	18,27	85,94	2,57	58	1237,45	0,99	1227,96	3,50	350,85
7C	65,27	7,53	7	1177,3	1181,3	672,21	509,13	2,312	2,374	15,699	81,713	2,588	18,29	85,85	2,59	64	1365,46	0,96	1306,49	3,20	408,28
								2,314					18,24	86,11	2,63				1273,05	3,43	371,99

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gejeng KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
J. Kalurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
E. (0274) 895330
E. oekamat.fstp@uii.ac.id
W. fstp.uii.ac.id

Lampiran 17 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Tenggarong 50%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI PASIR TENGGARONG 50%

Tanggal Pengujian : 2019

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course

Dikerjakan Oleh : Nugrah Sentana

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampele	Tinggi		A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)																				
5A	66,96	5,26	5	1175,3	1186,7	660,58	526,15	2,234	2,429	10,833	81,122	8,045	18,88	57,38	8,05	55	1173,44	0,92	1083,77	3,30	328,42	
5B	67,21	5,26	5	1178,3	1188,4	663,64	524,78	2,245	2,429	10,889	81,547	7,564	18,45	59,01	7,56	51	1088,10	0,92	997,97	3,20	311,87	
5C	66,19	5,26	5	1181,4	1192,6	664,33	528,29	2,236	2,429	10,846	81,219	7,935	18,78	57,75	7,94	58	1237,45	0,94	1162,58	2,90	400,89	
								2,238					18,70	58,05	7,95				1091,44	3,13	347,05	
5.5A	66,86	5,82	5,5	1176,6	1186	666,34	519,69	2,264	2,412	12,078	81,792	6,131	18,21	66,33	6,13	69	1472,13	0,93	1363,20	3,20	426,00	
5.5B	67,29	5,82	5,5	1176,6	1186,6	665,74	520,86	2,259	2,412	12,051	81,609	6,340	18,39	65,53	6,34	72	1536,14	0,92	1405,95	3,10	453,53	
5.5C	64,45	5,82	5,5	1181,2	1190,4	665,38	524,97	2,250	2,412	12,003	81,289	6,708	18,71	64,15	6,71	70	1493,47	0,98	1457,87	3,20	455,59	
								2,258					18,44	65,14	6,39				1409,01	3,17	445,04	
6A	64,84	6,38	6	1168,2	1173,1	667,57	505,54	2,311	2,395	13,448	83,039	3,513	16,96	79,29	3,51	75	1600,15	0,97	1546,54	3,10	498,88	
6B	62,87	6,38	6	1179,9	1184,5	672,12	512,38	2,303	2,395	13,401	82,753	3,845	17,25	77,70	3,85	72	1536,14	1,02	1560,33	3,40	458,92	
6C	66,72	6,38	6	1174,3	1179,1	669,3	509,83	2,303	2,395	13,404	82,771	3,825	17,23	77,80	3,82	69	1472,13	0,93	1368,47	3,20	427,65	
								2,306					17,18	78,16	3,73				1491,78	3,23	461,82	
6.5A	64,26	6,95	6,5	1177,9	1182,9	670,1	512,8	2,297	2,378	14,481	82,104	3,415	17,90	80,92	3,41	53	1130,77	0,98	1109,29	3,10	357,83	
6.5B	62,59	6,95	6,5	1175,6	1180,6	670,05	510,56	2,303	2,378	14,517	82,303	3,180	17,70	82,03	3,18	58	1237,45	1,02	1265,49	3,40	372,20	
6.5C	65,30	6,95	6,5	1173,5	1178,7	669,12	509,61	2,303	2,378	14,518	82,309	3,174	17,69	82,06	3,17	55	1173,44	0,96	1122,03	3,30	340,01	
								2,301					17,76	81,67	3,28				1165,60	3,27	396,68	
7A	64,50	7,53	7	1169,7	1174,4	667,1	507,25	2,306	2,362	15,657	81,985	2,358	18,01	86,91	2,36	45	960,09	0,98	936,09	3,30	283,66	
7B	64,17	7,53	7	1171,6	1174,2	666,39	507,79	2,307	2,362	15,665	82,029	2,306	17,97	87,17	2,31	49	1045,43	0,98	1027,92	3,40	302,33	
7C	63,39	7,53	7	1170,9	1174,9	667,47	507,47	2,307	2,362	15,666	82,033	2,301	17,97	87,19	2,30	42	896,08	1,00	898,62	3,20	280,82	
								2,307					17,98	87,09	2,32				954,21	3,30	288,94	

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Habsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
J. Kalirejo km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
E. (0274) 895330
E. delanaz.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp@uii.ac.id

Lampiran 18 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Tenggarong 75%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari KAO VARIASI SUBSTITUSI PASIR TENGGARONG 75%

Tanggal Pengujian : 2019

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course

Dikerjakan Oleh : Nugrah Sentana

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density													
5A	65,78	5,26	5	1178,3	1188,7	661,09	527,61	2,233	2,418	10,758	81,602	7,640	18,40	58,47	7,64	50	1066,76	0,95	1010,56	3,10	325,99
5B	64,46	5,26	5	1154,1	1165,5	649,47	516	2,237	2,418	10,774	81,723	7,503	18,28	58,95	7,50	51	1088,10	0,98	1061,98	3,10	342,58
5C	65,64	5,26	5	1180,5	1191,7	663,76	527,9	2,236	2,418	10,771	81,705	7,523	18,29	58,88	7,52	48	1024,09	0,95	972,76	3,20	303,99
								2,248					18,32	58,77	7,56				1015,10	3,13	324,15
5,5A	65,49	5,82	5,5	1179,2	1188,6	665,03	523,54	2,252	2,401	11,934	81,866	6,200	18,13	65,81	6,20	55	1173,44	0,95	1117,85	3,10	360,60
5,5B	64,92	5,82	5,5	1186,5	1194,9	666,24	528,68	2,244	2,401	11,892	81,573	6,535	18,43	64,53	6,54	58	1237,45	0,96	1193,41	3,20	372,94
5,5C	64,05	5,82	5,5	1172,5	1179,1	657,67	521,39	2,249	2,401	11,916	81,736	6,348	18,26	65,24	6,35	58	1237,45	0,99	1220,33	3,20	381,35
								2,248					18,28	65,20	6,36				1177,20	3,17	371,63
6A	64,24	6,38	6	1163	1168,5	661,85	506,68	2,295	2,385	13,267	82,983	3,750	17,02	77,96	3,75	60	1280,12	0,98	1256,33	3,30	380,71
6B	62,36	6,38	6	1164,3	1169,8	662,75	507,09	2,296	2,385	13,272	83,012	3,716	16,99	78,12	3,72	61	1301,45	1,03	1338,54	3,30	405,62
6C	64,46	6,38	6	1170,5	1176,4	667,13	509,23	2,299	2,385	13,286	83,102	3,611	16,90	78,63	3,61	59	1258,78	0,98	1228,68	3,20	383,96
								2,297					16,97	78,24	3,69				1274,52	3,27	390,10
6,5A	64,79	6,95	6,5	1173,8	1179,8	668,12	511,63	2,294	2,368	14,367	82,505	3,128	17,49	82,12	3,13	52	1109,43	0,97	1073,66	3,40	315,78
6,5B	64,98	6,95	6,5	1168,4	1174,7	666,1	508,61	2,297	2,368	14,385	82,61	3,005	17,39	82,72	3,01	49	1045,43	0,96	1006,75	3,30	305,08
6,5C	65,19	6,95	6,5	1169,1	1174,2	665,32	508,83	2,298	2,368	14,387	82,625	2,988	17,38	82,81	2,99	50	1066,76	0,96	1022,29	3,20	319,47
								2,296					17,42	82,66	3,04				1034,23	3,30	313,44
7A	66,38	7,53	7	1174	1179,3	669,16	510,11	2,301	2,352	15,520	82,323	2,157	17,68	87,80	2,16	47	1002,76	0,94	938,52	3,60	260,70
7B	63,70	7,53	7	1163,9	1168	662,71	505,27	2,303	2,352	15,534	82,395	2,071	17,61	88,24	2,07	48	1024,09	1,00	1018,97	3,40	299,70
7C	62,47	7,53	7	1174	1179,4	669,26	510,15	2,301	2,352	15,519	82,313	2,168	17,69	87,74	2,17	45	960,09	1,03	984,89	3,30	298,45
								2,302					17,66	87,93	2,18				980,79	3,43	286,28

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalurung km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. delanar.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 19 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Tenggarong 100%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari KAO VARIASI SUBSTITUSI PASIR TENGGARONG 100%

Tanggal Pengujian : 2019

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course

Dikerjakan Oleh : Nugrah Sentana

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L VMA (%)	M FWA (%)	N TDM (%)	O Massa	P	Q Keviskos	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (Kg/mm ²)
5A	69,93	5,26	5	1177,7	1188,5	659,92	528,55	2,228	2,405	10,733	81,909	7,359	18,09	59,32	7,36	43	917,42	0,86	788,37	3,20	246,36
5B	66,50	5,26	5	1179,1	1189,4	658,88	530,52	2,222	2,405	10,706	81,703	7,592	18,30	58,51	7,59	41	874,75	0,93	816,74	3,20	255,23
5C	65,82	5,26	5	1175,9	1186,3	658,84	527,47	2,229	2,405	10,738	81,954	7,308	18,05	59,50	7,31	40	853,41	0,93	807,81	3,10	260,58
								2.241					18.04	66.83	6.16				831.86	3.24	256.90
5,5A	67,17	5,82	5,5	1177,4	1187,4	662,01	525,37	2,241	2,389	11,875	81,954	6,171	18,05	65,80	6,17	45	960,09	0,92	881,52	3,30	267,13
5,5B	67,88	5,82	5,5	1174,3	1184,5	660,73	523,76	2,242	2,389	11,879	81,985	6,135	18,01	65,94	6,14	41	874,75	0,90	787,71	3,20	246,16
5,5C	64,77	5,82	5,5	1172,4	1182,7	659,45	523,23	2,241	2,389	11,873	81,942	6,185	18,06	65,75	6,19	40	853,41	0,97	826,32	3,21	257,42
								2.241					18.04	66.83	6.16				831.86	3.24	256.90
6A	65,29	6,38	6	1178,9	1184,4	669,38	515,04	2,289	2,372	13,231	83,258	3,511	16,74	79,03	3,51	51	1088,10	0,96	1040,77	3,30	315,38
6B	66,54	6,38	6	1179,7	1185,3	669,86	515,42	2,289	2,372	13,230	83,254	3,517	16,75	79,00	3,52	53	1130,77	0,93	1055,08	3,30	319,72
6C	64,82	6,38	6	1180	1184,9	668,82	516,06	2,287	2,372	13,217	83,172	3,611	16,83	78,54	3,61	50	1066,76	0,97	1031,65	3,30	312,62
								2.288					16.77	78.86	3.66				1042.69	3.30	315.91
6,5A	65,53	6,95	6,5	1171,7	1176,4	666,83	509,6	2,299	2,356	14,398	83,191	2,411	16,81	85,65	2,41	44	938,75	0,95	893,63	3,40	262,83
6,5B	64,51	6,95	6,5	1169	1174,2	664,21	509,98	2,292	2,356	14,355	82,94	2,705	17,06	84,14	2,71	40	853,41	0,97	831,79	3,30	252,06
6,5C	63,20	8,11	7,5	1168,9	1175,4	660,65	514,76	2,271	2,324	16,407	81,28	2,313	18,72	87,64	2,31	45	960,09	1,01	967,21	3,20	302,25
								2.287					17.53	86.81	2.48				897.54	3.30	272.35
7A	63,62	7,53	7	1165,9	1169,8	659,52	510,29	2,285	2,340	15,407	82,222	2,371	17,78	86,67	2,37	43	917,42	1,00	914,74	3,50	261,35
7B	63,72	7,53	7	1172,2	1176,2	664,13	512,02	2,289	2,340	15,439	82,392	2,169	17,61	87,68	2,17	41	874,75	0,99	869,86	3,40	255,84
7C	64,11	7,53	7	1168,7	1173,5	664,73	508,79	2,297	2,340	15,490	82,663	1,847	17,34	89,35	1,85	40	853,41	0,98	840,47	3,30	254,69
								2.290					17.57	87.90	2.13				875.02	3.40	287.29

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Mub. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 880444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895130
E. delanar.fsp@uii.ac.id
W. fsp.uii.ac.id

Lampiran 20 Hasil Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Tenggarong Pada Pengujian Marshall KAO

PENGUJIAN MARSHALL DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course

Dikerjakan Oleh : Nugrah Sentana

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Campur	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L TMA (%)	M UPWA (%)	N UPWB (%)	O Mass	P	Q Kerapatan	R Stabilitas (Gg)	S Flow (mm)	T MR (Kg/mm)
0% A	67,43	6,84	6,4	1234,2	1240,6	706,67	533,95	2,312	2,406	14,349	81,7184	3,933	18,28	78,49	3,93	96	2048,19	0,91	1867,26	3,3	565,84
0% B	69,47	6,84	6,4	1224,4	1231,1	700,91	530,17	2,309	2,406	14,336	81,6442	4,020	18,36	78,10	4,02	97	2069,52	0,87	1796,60	3,1	579,55
0% C	67,37	6,84	6,4	1224,5	1231,7	700,48	531,25	2,305	2,406	14,308	81,4882	4,203	18,51	77,29	4,20	96	2048,19	0,91	1870,68	3,1	603,44
								2,298					18,38	77,56	4,05				1844,85	3,17	582,94
25% A	67,67	6,75	6,325	1189,8	1197,3	680,88	516,39	2,304	2,396	14,135	82,0126	3,853	17,99	78,58	3,85	83	1770,83	0,91	1604,07	3,4	471,79
25% B	67,30	6,75	6,325	1188,4	1197,5	680,88	516,65	2,300	2,396	14,111	81,8735	4,016	18,13	77,85	4,02	85	1813,50	0,92	1659,35	3,3	502,83
25% C	67,53	6,75	6,325	1188,9	1196,8	680,34	516,44	2,302	2,396	14,123	81,9419	3,935	18,06	78,21	3,94	86	1834,83	0,91	1668,32	3,3	505,55
								2,298					18,06	78,21	3,94				1643,92	3,33	493,39
50% A	67,23	6,67	6,25	1169,8	1177,7	669,25	508,46	2,301	2,387	13,946	82,453	3,601	17,55	79,48	3,60	78	1664,15	0,92	1525,75	3,6	423,82
50% B	67,82	6,67	6,25	1171,8	1179,5	669,72	509,8	2,298	2,387	13,933	82,3769	3,690	17,62	79,06	3,69	77	1642,82	0,90	1481,68	3,4	435,79
50% C	66,25	6,67	6,25	1169	1176,7	667,68	509,04	2,296	2,387	13,921	82,3056	3,773	17,69	78,68	3,77	75	1600,15	0,94	1501,74	3,4	441,69
								2,299					17,62	79,07	3,69				1603,06	3,47	433,77
75% A	66,00	6,55	6,15	1179,5	1186,3	672,61	513,66	2,296	2,377	13,698	82,888	3,414	17,11	80,05	3,41	71	1514,80	0,94	1428,65	3,6	396,85
75% B	66,25	6,55	6,15	1174,9	1180,7	669,44	511,25	2,298	2,377	13,708	82,9503	3,342	17,05	80,40	3,34	71	1514,80	0,94	1421,64	3,6	394,90
75% C	66,57	6,55	6,15	1174,6	1181,8	670,78	511	2,299	2,377	13,711	82,969	3,320	17,03	80,51	3,32	72	1536,14	0,93	1432,26	3,4	421,25
								2,302					17,06	80,32	3,36				1427,82	3,63	404,33
100% A	66,07	6,44	6,05	1153,7	1160,8	658,15	502,63	2,295	2,369	13,469	83,4362	3,095	16,56	81,31	3,10	69	1472,13	0,94	1386,57	3,5	396,16
100% B	64,33	6,44	6,05	1153,6	1160,4	657,45	502,98	2,293	2,369	13,458	83,3716	3,170	16,63	80,94	3,17	65	1386,79	0,98	1357,90	3,5	387,97
100% C	65,67	6,44	6,05	1155	1160,3	657,45	502,82	2,297	2,369	13,479	83,4994	3,022	16,50	81,69	3,02	65	1386,79	0,95	1316,41	3,8	346,42
								2,309					16,56	81,31	3,10				1383,63	3,60	376,85

Mengetahui

Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.fsp@uii.ac.id
W. fsp.uui.ac.id

Lampiran 21 Hasil Pengaruh Agregat Halus Pasir Tenggarong Pada Pengujian *Index of Retained Strength* 24 Jam KAO

PENGUJIAN *INDEX OF RETAINED STRENGTH* DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : Asphalt Concrete –Wearing Course

Dikerjakan Oleh : Nugrah Sentana
Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi (mm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFA (%)	N VFB (%)	O Sisa	P	Q Koefisien	R Stabilitas (G)	S Flow (mm)	T MO (Kip/mm)
0% A	62,27	6,84	6,4	1234,2	1238,6	661,09	577,53	2,137	2,406	13,266	75,552	11,182	24,45	54,26	11,18	88	1877,50	0,94	1758,98683	3,7	475,40
0% B	61,64	6,84	6,4	1224,4	1231,1	649,47	581,61	2,105	2,406	13,068	74,4233	12,509	25,58	51,09	12,51	87	1856,17	0,93	1734,36	3,2	541,99
0% A	61,01	6,84	6,4	1224,4	1223,5	663,76	559,78	2,187	2,406	13,578	77,3256	9,097	22,67	59,38	9,10	86	1834,83	0,93	1710,982459	2,7	633,70
								2,143					24,23	58,08	10,93				1734,78	3,20	560,36
25% A	66,11	6,75	6,325	1165,9	1175,8	652,46	523,33	2,228	2,396	13,668	79,302	7,030	20,70	66,03	7,03	81	1728,16	0,90	1550,45	3,8	408,01
25% B	63,69	6,75	6,325	1154,1	1159,4	649,26	510,09	2,263	2,409	13,880	80,5349	5,585	19,47	71,31	6,07	79	1685,49	0,88	1488,92	3,2	465,29
25% A	61,27	6,75	6,325	1142,3	1142,9	646,06	496,85	2,299	2,409	14,104	81,8334	4,063	18,17	77,64	4,56	83	1770,83	0,89	1582,09	2,6	608,50
								2,263					19,44	71,66	8,89				1540,48	3,20	393,93
50% A	70,56	6,67	6,25	1141,4	1172,3	634,21	538,13	2,121	2,386	12,858	76,0187	11,124	23,98	53,62	11,12	71	1514,80	0,95	1446,54	3,2	452,04
50% B	68,11	6,67	6,25	1150,3	1179,4	636,31	543,11	2,118	2,386	12,840	75,913	11,247	24,09	53,31	11,25	68	1450,80	0,96	1393,98	3,4	409,99
50% A	65,66	6,67	6,25	1159,3	1186,5	638,41	548,09	2,115	2,386	12,822	75,8091	11,369	24,19	53,00	11,37	65	1386,79	0,96	1326,12	3,6	368,37
								2,201					24,09	53,31	11,25				1388,58	3,40	410,13
75% A	70,56	6,55	6,15	1141,4	1172,3	634,21	538,13	2,121	2,377	12,652	76,5664	10,782	23,43	53,99	10,78	64	1365,46	0,97	1318,80	3,2	412,13
75% B	68,11	6,55	6,15	1150,3	1179,4	636,31	543,11	2,118	2,377	12,634	76,4599	10,906	23,54	53,67	10,91	62	1322,79	0,97	1277,59	3,4	375,76
75% A	65,66	6,55	6,15	1159,3	1186,5	638,41	548,09	2,115	2,377	12,617	76,3553	11,028	23,64	53,36	11,03	63	1344,12	0,95	1278,76	3,6	355,21
								2,280					23,54	53,67	10,91				1291,72	3,40	381,03
100% A	70,56	6,44	6,05	1141,4	1172,3	634,21	538,13	2,121	2,368	12,446	77,1209	10,433	22,88	54,40	10,43	59	1258,78	0,99	1243,05	3,2	388,45
100% B	68,11	6,44	6,05	1150,3	1179,4	636,31	543,11	2,118	2,381	12,429	76,5414	11,030	23,46	52,98	11,03	60	1280,12	0,93	1186,24	3,4	348,89
100% A	65,66	6,44	6,05	1159,3	1186,5	638,41	548,09	2,115	2,381	12,412	76,4367	11,151	23,56	52,67	11,15	59	1258,78	0,93	1166,05	3,6	323,90
								2,297					23,80	53,38	10,87				1198,48	3,40	363,75

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



Lampiran 1 Pengujian *Indirect Tensile Strength* dari Hasil KAO

PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH* DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course

Dikerjakan Oleh : Nugrah Sentana
Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Variasi 0% Aspal per 60/70									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka Koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
1	65,12	64,15	65,31	64,86	0,966	62	1190,9644	0,15852	29,1075087
2	64,59	63,54	63,99	64,04	0,9865	60	1177,00499	0,15852	29,1346752
3	63,48	63,46	64,86	63,93333	0,989166667	59	1160,51684	0,15852	28,7744678
Rata-rata									28,6050066
Variasi 25% Aspal per 60/70									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka Koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
1	64,45	63,51	63,49	63,81667	0,992083333	59	1163,93875	0,15852	28,9120718
2	63,25	63,57	62,75	63,19	1,00775	55	1102,16207	0,15852	27,6490558
3	64,62	64,81	63,31	64,24667	0,981333333	56	1092,78454	0,15852	26,9629336
Rata-rata									27,8413527
Variasi 50% Aspal per 60/70									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka Koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
1	66,57	65,38	65,25	65,73333	0,948125	54	1018,09738	0,15852	24,5519995
2	65,65	65,32	64,48	65,15	0,9590625	53	1010,77093	0,15852	24,5935671
3	64,6	64,96	64,82	64,79333	0,967666667	55	1058,32349	0,15852	25,8923406
Rata-rata									25,0253307
Variasi 75% Aspal per 60/70									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka Koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
1	65,2	65,4	66,2	65,6	0,950625	49	926,265044	0,15852	22,3828114
2	65,8	63,6	63,9	64,43333	0,976666667	48	932,218176	0,15852	22,9345471
3	64,43	65,04	64,32	64,59667	0,972583333	48	928,320677	0,15852	22,7809125
Rata-rata									22,7334237
Variasi 100% Aspal per 60/70									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka Koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
1	65,63	65,82	65,96	65,80333	0,9468125	43	809,584905	0,15852	19,5028333
2	64,63	65,32	65,1	65,01667	0,962083333	41	784,38	0,15852	19,1242764
3	64,67	65,08	65,77	65,17333	0,958625	44	838,747793	0,15852	20,4006807
Rata-rata									19,6759007

Mengetahui
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung 101, Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
J. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 890444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.fstsp@uii.ac.id
W. ftopaii.ac.id

Lampiran 2 Pengujian Permeabilitas dari Hasil KAO

PENGUJIAN PERMEABILITAS DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019

Dikerjakan Oleh : Nugrah Sentana

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Jenis Aspal	Sampel	K (Tekanan 1 : 1)	K (Tekanan 2 : 2)	Kategori
PEN 60/70	0%	0,001645	0,001464	Drainase Buruk
	25%	0,001091	0,001012	Drainase Buruk
	50%	0,001082035	0,000924958	Drainase Buruk
	75%	0,000693928	0,000620655	Drainase Buruk
	100%	0,00068946	0,000629414	Drainase Buruk

Mengetahui
& Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Nugrah Sentana
15511153



